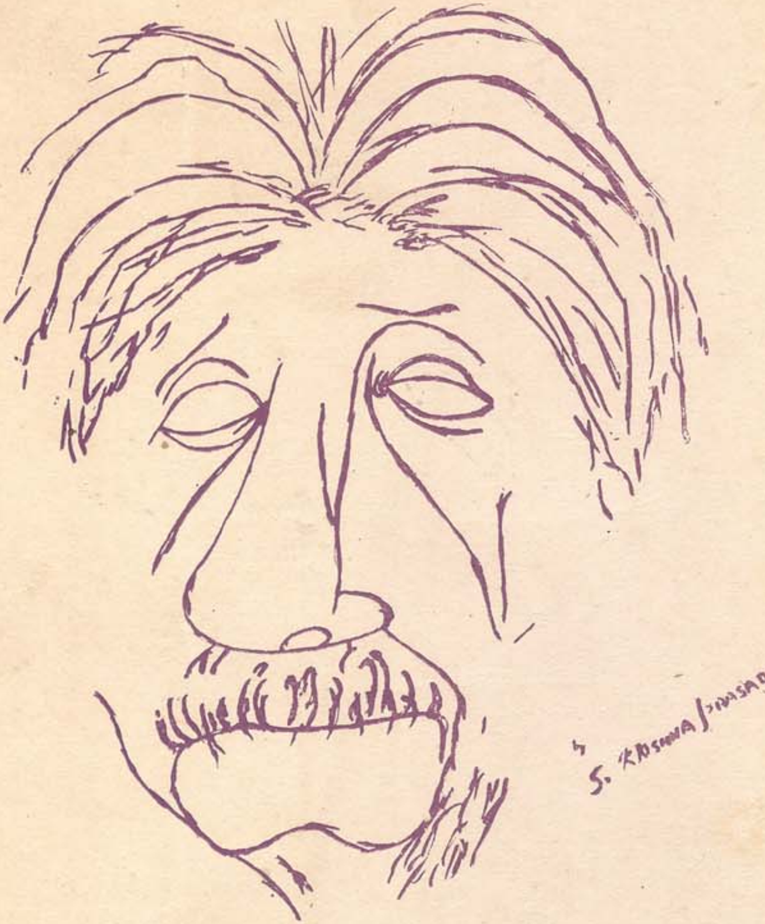
ವಿಜ್ಞಾನ ಕರ್ಣಾಟಕ

ಸಂಪುಟ ೧೧ ಸಂಚಿಕೆ ೨



ಪ್ರೊ. ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಶತಾಬ್ದಿ ಸಂಚಿಕೆ

ಏಪ್ರಿಲ್ ೧೯೭೯

BVP-2368
20/9/18

265/291

Vijnana Karnataka Vol-11, SI-2
BVP05353

ವಿಜ್ಞಾನ ಕರ್ಣಾಟಕ

ಸಂಪುಟ ೧೧ ಸಂಚಿಕೆ ೨

ಏಪ್ರಿಲ್ ಸಂಚಿಕೆ

ಮೈಸೂರು

ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ

೧೯೭೯

VIJNANA KARNATAKA, Kannada quarterly of the University of Mysore. Volume 11, Number 2, April 1979. Edited by Dr. B. V. Govindarajulu and Dr. H. Sanjeeviah

All Rights Reserved

ಪ್ರಧಾನ ಸಂಪಾದಕರು

ಡಾ. ಹಾ. ಮಾ. ನಾಯಕ

ಸಂಪಾದಕರು

ಡಾ. ಬಿ. ವಿ. ಗೋವಿಂದರಾಜುಲು
ಡಾ. ಎಚ್. ಸಂಜೀವಯ್ಯ

ಪ್ರಕಾಶಕರು

ಡೈರೆಕ್ಟರ್, ಪ್ರಸಾರಾಂಗ, ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ

ಮುದ್ರಕರು

ಡೈರೆಕ್ಟರ್, ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ ಮುದ್ರಣಾಲಯ

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಶತಾಬ್ದಿ ಸಂಚಿಕೆ

ವಿಷಯಸೂಚಿ

ನಮ್ಮ ಲೇಖಕರು

೧ ಪ್ರೊ. ಎಸ್. ಬಿ. ಜೊಂಡಾಡೆ
ಕಾಲೇಜು ಶಿಕ್ಷಣ ಇಲಾಖೆಯ ವಿಶ್ರಾಂತ ಡೈರೆಕ್ಟರ್, ರುಕ್ಮಾಲಯ 31, 4 ಮುಖ್ಯರಸ್ತೆ, ಮಲ್ಲೇಶ್ವರಂ, ಬೆಂಗಳೂರು

೨ ಡಾ. ಜೆ. ಎಲ್. ಸಿಂಗ್
ಎಮಿರಿಟಸ್ ಪ್ರೊಫೆಸರ್, ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ಶಾಲೆ, ಡಬ್ಲಿನ್ 4, ಐರ್‌ಲೆಂಡ್

೩ ಡಾ. ಎಚ್. ಸಂಜೀವಯ್ಯ
ಪ್ರವಾಚಕ, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ವಿಭಾಗ, ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ, ಮೈಸೂರು–6

೪ ಪ್ರೊ. ಎನ್. ಉಮಾಕಾಂತ
ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ವಿಭಾಗ, ಕರ್ಣಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ, ಧಾರವಾಡ–3

೫ ಡಾ. ಟಿ. ಎಸ್. ಶಂಕರ
ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರ ವಿಭಾಗ, ಭಾರತೀಯ ತಂತ್ರವಿಜ್ಞಾನ ಸಂಸ್ಥಾನ, ಮದರಾಸು–6

೬ ಡಾ. ಎನ್. ಡಿ. ಹರಿದಾಸ್
ರಾಮನ್ ಸಂಶೋಧನ ಸಂಸ್ಥಾನ, ಬೆಂಗಳೂರು–6

೭ ಡಾ. ಬಿ. ಸಂಜೀವಯ್ಯ
ಮುಖ್ಯಸ್ಥರು, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ವಿಭಾಗ, ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ, ಮೈಸೂರು–6

೮ ಡಾ. ಪಿ. ಸಿ. ವೈದ್ಯ
ಕುಲಪತಿಗಳು, ಗುಜರಾತ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ, ಅಹಮದಾಬಾದ್–9

೯ ಪ್ರೊ. ಜೆ. ಆರ್. ಲಕ್ಷ್ಮಣರಾವ್
ಪ್ರಧಾನ ಸಂಪಾದಕರು, ಅರ್ಥಕೋಶ, ಪ್ರಸಾರಾಂಗ, ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ ಮೈಸೂರು–6

೧೦ ಡಾ. ಎ. ಆರ್. ಪ್ರಸನ್ನ
ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ಸಂಶೋಧನ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯ, ನವರಂಗಪುರ, ಅಹಮದಾಬಾದ್–9

೧೧ ಶ್ರೀ ಎಚ್. ವಿ. ಶ್ರೀರಂಗರಾಜು
ವಿದ್ಯಾ ಇಲಾಖೆ ವಿಶ್ರಾಂತ ಡೈರೆಕ್ಟರ್, 13ನೇ ಮುಖ್ಯರಸ್ತೆ, ಜೇತವನ, ಸರಸ್ವತೀಪುರಂ, ಮೈಸೂರು–9

೧೨ ಶ್ರೀ ಜಿ. ಟಿ. ನಾರಾಯಣರಾವ್
ಸಂಪಾದಕರು, ವಿಜ್ಞಾನ ವಿಭಾಗ, ಕನ್ನಡ ವಿಶ್ವಕೋಶ, ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ ಮೈಸೂರು–6

೧೩ ಡಾ. ಪಿ. ವೆಂಕಟರಾಮಯ್ಯ

ಅಧ್ಯಾಪಕ, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ವಿಭಾಗ, ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ, ಮೈಸೂರು-6

೧೪ ಡಾ. ಎಂ. ವಿ. ನಾಗರಾಜಮೂರ್ತಿ

ಅಧ್ಯಾಪಕ, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ವಿಭಾಗ, ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ, ಮೈಸೂರು-6

೧೫ ಶ್ರೀ ಮನವೇಂದ್ರನಾಥಶೆಟ್ಟಿ

ಅಧ್ಯಾಪಕ, ತತ್ತ್ವಶಾಸ್ತ್ರ ವಿಭಾಗ, ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ, ಮೈಸೂರು-6

೧೬ ಪ್ರೊ. ಕೆ. ಎನ್. ಶ್ರೀನಿವಾಸರಾವ್

ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ವಿಭಾಗ, ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ, ಮೈಸೂರು-6

೧೭ ಡಾ. ಎ. ವಿ. ಗೋಪಾಲರಾವ್

ಅಧ್ಯಾಪಕ, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ವಿಭಾಗ, ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ, ಮೈಸೂರು-6

೧೮ ಡಾ. ಎಂ. ನಾಗರಾಜ್

ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕ, ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ, ಬೆಂಗಳೂರು-1

೧೯ ಡಾ. ಎಂ. ಎಸ್. ಮಾಧವ

ಅಧ್ಯಾಪಕ, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ವಿಭಾಗ, ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ, ಮೈಸೂರು-6

೨೦ ಶ್ರೀಮತಿ ಬಿ. ಎಸ್. ಮಯೂರ

ಅಧ್ಯಾಪಕಿ, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ವಿಭಾಗ, ಮಹಾರಾಣಿಯವರ ಕಾಲೇಜು, ಮೈಸೂರು-3

ಸಂದೇಶ

ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಇಪ್ಪತ್ತನೆ ಶತಮಾನದ ಸರ್ವಶ್ರೇಷ್ಠ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ; ಕೋಪರ್ನಿಕಸ್, ಗೆಲಿಲಿಯೊ, ನ್ಯೂಟನ್ ಇವರ ಸಾಲಿಗೆ ಸೇರುವ ದಾರ್ಶನಿಕ. ಅಭಿಜಾತ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ ಪ್ರಕಾರದಲ್ಲಿ ಅಂಗೀಕೃತವಾಗಿದ್ದ ದೇಶ-ಕಾಲಗಳ ಮೂಲಕಲ್ಪನೆಯಲ್ಲಿ ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸಿ ಅವರು ಹೊಸ ಶಕೆಯ ಮೂಲಪುರುಷರಾದರು. ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಗಿರುವ ಸಮಾನತೆ, ಕಣ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಕಣಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವ: ಕ್ವಾಂಟಂಬಲವಿಜ್ಞಾನ, ಏಕೀಕೃತ ಕ್ಷೇತ್ರ ಸಿದ್ಧಾಂತ, ಕಾಸ್ಮಾಲಜಿ ಈ ಎಲ್ಲ ವಿಚಾರಗಳ ಬಗೆಗೆ ಅವರ ಕೊಡುಗೆ ಅಪಾರ.

ವಿಶ್ವಶಾಂತಿಗಾಗಿ, ಸಮಾನತೆಗಾಗಿ, ಮಾನವನ ಆತ್ಮಾಭಿಮಾನದ ಪ್ರತಿಷ್ಠಾಪನೆಗಾಗಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ನಡೆಸಿದ ಹೋರಾಟವನ್ನು ಯಾರೂ ಮರೆಯಲಾರರು. ತಾವು ನಂಬಿದ್ದ ಜೀವನ ಮೌಲ್ಯಗಳಿಗಾಗಿ ಅವರು ಯಾವ ಬೆಲೆಯನ್ನಾದರೂ ತೆರಲು ಸಿದ್ಧರಾಗಿದ್ದರು. ಒಂದು ಮತಕ್ಕೆ, ಒಂದು ದೇಶಕ್ಕೆ, ಅವರೆಂದೂ ಸೇರಿದವರಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. "ವಿಶ್ವಪಥ ಮನುಜ ಮತ" ಅವರದಾಗಿತ್ತು. ಅವರು ಎಲ್ಲರಿಗು ಬೇಕಾದವರು; ಎಲ್ಲರ ಗೌರವಕ್ಕು ಪಾತ್ರರು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಜನ್ಮಶತಾಬ್ದಿಯ ಆಚರಣೆಯಲ್ಲಿ "ವಿಜ್ಞಾನ ಕರ್ಣಾಟಕ" ಪಾಲುಗೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವುದು ಹೆಮ್ಮೆಯ ವಿಚಾರ. ಅವರ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಲೇಖನಗಳು ಮೊದಲ ಬಾರಿಗೆ ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ಅಚ್ಚಾಗಿವೆ; ಅವುಗಳೊಂದಿಗೆ ನಮ್ಮವರು ಮತ್ತು ಹೊರಗಿನ ಅನೇಕ ಮಂದಿ ತಜ್ಞರು ಬರೆದಿರುವ ಲೇಖನಗಳೂ ಇಲ್ಲಿವೆ. ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು, ಉಪಾಧ್ಯಾಯರು, ಸಾರ್ವಜನಿಕರು ಈ ವಿಶೇಷ ಸಂಚಿಕೆಯ ಪೂರ್ಣಫಲ ಪಡೆಯಲೆಂದು ನಾನು ಹಾರೈಸುತ್ತೇನೆ.

ಕೆ. ಎಸ್. ಹೆಗ್ಗಡೆ
ಕುಲಪತಿಗಳು

ಸಂಪಾದಕೀಯ

ಇದು ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಹುಟ್ಟುಹಬ್ಬದ ಶತಮಾನೋತ್ಸವ ವರ್ಷ. ಆ ದಿವ್ಯಚೇತನಕ್ಕೆ ಶರಣೆನಲು 'ವಿಜ್ಞಾನ ಕರ್ನಾಟಕ'ದ ಈ ಸಂಚಿಕೆಯನ್ನು ಅರ್ಪಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವೆ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಜನಕ, ಆಧುನಿಕ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ದ್ರಷ್ಟಾರ. ಚಿರಕಾಲ ಅವರ ನೆನಪು ಉಳಿಯುವಂಥದು. ಅವರನ್ನು ಹೊಗಳುವುದರಲ್ಲಿ ಈಗ ಪೈಪೋಟಿ ನಡೆದಿದೆ. "ಇದು ಪ್ರಪಾತ ಪರಿಣಾಮ" ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ ಬರ್ಗ್‌ಮನ್. ಇಲ್ಲಿ ಯಾರಾದರು ದಿಕ್ಕುಗೆಡಬಹುದು, ಔಚಿತ್ಯದ ಸೀಮಾರೇಖೆಯನ್ನು ಉಲ್ಲಂಘಿಸಬಹುದು.

ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಹಾರ್ಡಿ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರನ್ನು ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಿ ಲೆನಿನ್ ಅವರಿಗೆ ಹೋಲಿಸುತ್ತಾರೆ; "ಒಳ್ಳೆಯವ, ಮೃದುಸ್ವಭಾವದವ ಮತ್ತು ಪ್ರಾಜ್ಞ" ಎಂದು ಅವರನ್ನು ಹೊಗಳುತ್ತಾರೆ. ರೇಬಿ ಅವರು, "ಸಮಕಾಲೀನ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಕೆಲಸದಿಂದ ಬೆಳೆಯದೆ ಇರುವ ಕಲ್ಪನೆಗಳು ಇಲ್ಲವೆ ಇಲ್ಲ" ಎಂದು ಅವರಿಗೆ ಗೌರವ ಸೂಚಿಸುತ್ತಾರೆ. "ನನ್ನನ್ನು ಒಬ್ಬ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಎಂದು ಕರೆದು ಕೊಳ್ಳಲು ನಾನು ಹೆಮ್ಮೆಪಡುವಂತೆ ಮಾಡಿದ್ದಾರೆ ಅವರು" ಎಂದು ಎಮ್. ಪಿ. ಟಿ.ಯ ಇರ್ವಿನ್ ಶಾಪಿರೊ ಬೀಗುತ್ತಾರೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಆವಿಷ್ಕಾರದ ಬಗ್ಗೆ ಹೇಳುತ್ತ ಫೈನ್‌ಮನ್, "ಅವರು ಹೇಗೆ ಅದರ ಯೋಚನೆ ಮಾಡಿದರು ಎಂದು ನಾನು ಈಗಲು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾರೆ" ಎಂದು ವಿಸ್ಮಯ ಪಡುತ್ತಾರೆ. ಹರ್ಮ್ಯಾನ್ ವೈಲ್, "ವಿಚಾರಪರ ಆಲೋಚನಾಶಕ್ತಿಗೆ ಇದು ಅತಿ ಶ್ರೇಷ್ಠ ನಿದರ್ಶನ" ಎಂದು ಪ್ರಶಂಶೆಮಾಡುತ್ತಾರೆ. ಚಂದ್ರಶೇಖರ್ ಈ ಮಾತನ್ನು ಒಪ್ಪಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರನ್ನು ಮುಕ್ತಕಂಠದಿಂದ ಹೊಗಳುತ್ತಾರೆ. ಲ್ಯಾಂಡೊ ಮತ್ತು ಲಿಫ್‌ಸಿಟ್ಸ್, "ಲಭ್ಯವಿರುವ ಎಲ್ಲ ಭೌತಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಯಶಃ ಇದು ಅತ್ಯಂತ ಸುಂದರವಾದುದು" ಎಂದು ಮೆಚ್ಚುಗೆ ಸೂಚಿಸುತ್ತಾರೆ. ಡಿರಾಕ್ "ಎಂದೆಂದೂ ಸಾಧಿಸಿರದಂಥ ಸರ್ವಶ್ರೇಷ್ಠ ಸಂಶೋಧನೆ ಇದು" ಎಂದು ಉದ್ಗಾರ ತೆಗೆಯುತ್ತಾರೆ. ಏಲ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಫೆಸಗರ್ನ್ಸಿ, "ಕಾಲಕಳೆದಂತೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ಭದ್ರವಾಗುತ್ತಿವೆ" ಎಂದು ವಿಶ್ವಾಸ ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸುತ್ತಾರೆ. ಅರ್ಥಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞ ಆಟೊನಾಥನ್ "ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಏನನ್ನೂ ಮಾಡದಿದ್ದರು, ಈ ಶತಮಾನದ ಅವಿಸ್ಮರಣೀಯ ವ್ಯಕ್ತಿಯಾಗಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಉಳಿಯುತ್ತಿದ್ದರು" ಎಂದು ಕೊಂಡಾಡುತ್ತಾರೆ. ತತ್ತ್ವ

ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞ ಪಾಲ್ ಸ್ಕಿಲ್ಪ್, " ಈ ದಾಂಧಲೆಯನ್ನು ಅವರು ಸಹಿಸುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ " ಎಂದು ಅಸಮ್ಮತಿ ಸೂಚಿಸುತ್ತಾರೆ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೆ ಮರಣೋತ್ತರ ಶ್ಲಾಘನೆ ಬೇಕಿರಲಿಲ್ಲ ; ಅವರು ತಮ್ಮ ಚಿತಾಭಸ್ಮವನ್ನು ಯಾರಿಗೂ ತಿಳಿಯದ ಕಡೆ ಚೆಲ್ಲಿಬಿಡಲು ತಿಳಿಸಿದ್ದರು.

ಎಲ್ಲರೂ ಅವರನ್ನು ಹೊಗಳುವಾಗ ಅವರಲ್ಲಿ ಲೋಪವನ್ನು ಕಾಣುವುದೆ ಅಪರಾಧವೆಂಬ ದಿಗಿಲು ಯಾರಿಗಾದರೂ ಇರುವುದು ಸಹಜ. ಆದರೆ ಇತಿಹಾಸದ ಹಾಳೆಗಳನ್ನು ತಿರುಗಿಸಿದರೆ ಅಚ್ಚರಿಯ ಸಂಗತಿಗಳೂ ಗೋಚರಿಸಿಯಾವು. ವೈಟ್‌ಹೆಡ್, ಬರ್ಕ್ಹಾಫ್, ಮಿಲ್ನೆ, ಹಾಯ್ಲ್ ಮತ್ತು ನಾರ್ಳಿಕರ್, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಸಿದ್ಧಾಂತ ವೈಜ್ಞಾನಿಕವಾಗಿ ಶುದ್ಧವಾಗಿಲ್ಲ ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ; ತಾತ್ತ್ವಿಕವಾಗಿ ರೀಮಾನನ ಬಹುದಾಯದ ಬಳಕೆಯ ಆಗತ್ಯವೆ ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬ ಅಭಿಪ್ರಾಯ ಇವರಲ್ಲಿ ಕೆಲವರಿಗೆ. ರೋಸೆನ್ ಮತ್ತು ಮೋಲಿಯರ್ ಕೂಡ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಸಿದ್ಧಾಂತ ದೋಷರಹಿತವಾದು ದೆಂದು ಒಪ್ಪಿಕೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೆ ದೊರೆತ ಜನಪ್ರಿಯತೆ ಅಸಹಜ ವಾದುದೆಂದು ಟೀಕಿಸುತ್ತಾರೆ ಎಡ್ಡಿಂಗ್‌ಟನ್. ಸಿ. ಪಿ. ಸ್ನೊ, " ಮನುಷ್ಯ ಸಹಜವಾದ ಎಲ್ಲ ದೌರ್ಬಲ್ಯಗಳೂ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಲ್ಲಿ ಇದ್ದುವು " ಎಂದು ಚಿತ್ರಿಸುತ್ತಾನೆ. " ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೆ ಕೀರ್ತಿ ಲಾಲಸೆ ಇತ್ತು " ಎಂದು ಜರಿಯುತ್ತಾರೆ ಗೌಡ್ಸ್‌ಮಿತ್. " ಪಾಂಕಾರೆ, ಲೊರೆನ್ಟ್ಸ್, ಹಿಲ್ಬರ್ಟ್ ಅವರಿಗೆ ಸಲ್ಲಿಸಬೇಕಾಗಿದ್ದ ಗೌರವವನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸಲ್ಲಿಸಿಲ್ಲ " ಎಂದು ದೂರಿದ್ದಾರೆ ಡಿಬ್ರಾಯಿ, ಜಗ್ದಿಶ್ ಮೆಹ್ರ ಮತ್ತು ಸಿಂಗ್. " ಅಂತರ್ಮುಖಿಗಳಾಗಿದ್ದೂ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಲೌಕಿಕ ಬಲ್ಲವರಾಗಿದ್ದರು " ಎಂದು ಚಿತ್ರಿಸುತ್ತಾರೆ ಫಿಲಿಪ್ ಫ್ರಾಂಕ್. ಇದೆಲ್ಲ ನಾವು ಮರೆಯಬಹುದು. ಬಾರನ್, ರದರ್ಫರ್ಡ್ ಮತ್ತು ಥಾಂಸನ್ ಅಡ್ಡಗೋಡೆಯ ಮೇಲೆ ದೀಪ ಇಟ್ಟಂತೆ ಮಾತಾಡಿದ್ದರು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೆ ನಮನಮಾಡಿದ್ದಾರೆ.

ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಅಲೆಗಳು, ಕಪ್ಪು ರಂಧ್ರಗಳು, ಸಂಘಟಿತ ಕ್ಷೇತ್ರ ಸಿದ್ಧಾಂತ– ಇತ್ತೀಚಿನ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಪಾಲುಗೊಂಡ ವೀನ್‌ಬರ್ಗ್, ಸಲಾಮ್ ಮತ್ತು ಕೆರ್, " ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ನಡೆದು ಬಂದ ದಾರಿ, ತೋರಿಸಿದ ಮಾರ್ಗ ಸರಿ ಎಂದೆ ಹೇಳುತ್ತಿವೆ " ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಬಲಾತ್ಕಾರದ ವಿರುದ್ಧ, ಶೋಷಣೆಯ ವಿರುದ್ಧ, ಮಾರಕಾಸ್ತ್ರದ ವಿರುದ್ಧ ಬಂಡೆದ್ದು ಅವರು ನಡೆಸಿದ ಹೋರಾಟ ಇಂದಿಗೂ ಮಾರ್ದನಿ ಗೊಳ್ಳುತ್ತಿದೆ. ಮಹರ್ಷಿಯ ದುಷ್ಕೃತ್ಯದಂತೆ ಐತಿಹಾಸಿಕ ಸತ್ಯ ಅಜ್ಞಾತವಾಗಿ ಉಳಿಯುವ ಅಪಾಯ ಇದ್ದದ್ದೆ. ಬದುಕಿಂದ, ತಪಸ್ಸಿಂದ, ನೋವಿಂದ ಎತ್ತರಕ್ಕೆ ಬೆಳೆದುನಿಂತ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಎಂದೆಂದಿಗೂ ಜಗದ್ವಂದ್ಯರು.

ಮಹಾಭಾರತದ ಕಥಾನಕದಂತೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಜೀವನಚಿತ್ರ, ವಿಜ್ಞಾನ ರಂಗದಲ್ಲಿ ಅವರು ಸ್ಥಾಪಿಸಿದ ವಿಕ್ರಮಗಳು, ಸಾಮಾಜಿಕ ಮತ್ತು ಆರ್ಥಿಕ ರಂಗಗಳಲ್ಲಿ ಅವರು ನಡೆಸಿದ ಹೋರಾಟ, ತಾತ್ತ್ವಿಕ ಚಿಂತನೆಯಲ್ಲಿ ತೋರಿದ ಮಾರ್ಗ—

ಹೀಗೆ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿ, ಬಿಡಿಬಿಡಿಯಾಗಿ, ವಿವರವಾಗಿ ತೆರೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಇವೆಲ್ಲ ಈ ವಿಶೇಷ ಸಂಚಿಕೆಯಲ್ಲಿ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ನಾವು ನಮ್ಮ ಎಲ್ಲ ಲೇಖಕರನ್ನು ವಂದಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಲೇಖನಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಒಂದೆರಡು ಮಾತು ತಿಳಿಸುವುದು ಉಚಿತವೆನಿಸುತ್ತದೆ. ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಶಬ್ದಗಳು, ವ್ಯಾಕರಣ, ಉಚ್ಚಾರ ಇವುಗಳನ್ನು ಕುರಿತು ಇನ್ನೂ ಏಕಾಭಿಪ್ರಾಯ ಮೂಡಿಲ್ಲವಾಗಿ ನಾವು ಇಲ್ಲಿ ಏನನ್ನೂ ಮಾಡಿಲ್ಲ; ತರ್ಕಬದ್ಧವಾಗಿದ್ದು ಓದಿದ್ದು ಅರ್ಥವಾಗಲು ಅಡ್ಡಿ ಇಲ್ಲದಂತೆ ನೋಡಿಕೊಂಡಿದ್ದೇವೆ. ವಿವಾದವನ್ನು ಕೊನೆಗಾಣಿಸುವ ಆಸೆಯು ನಮಗಿಲ್ಲ, ಅದು ಇಷ್ಟರಲ್ಲಿ ಕೊನೆಗಾಣುತ್ತದೆಂಬ ನಿರೀಕ್ಷೆಯೂ ಇಲ್ಲ. ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ಮಂಥನ ಒಳ್ಳೆಯದೆ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವಾಣಿ

ಹೊಟ್ಟೆಪಾಡಿಗಾಗಿ ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಬೇಕಾಗದಿದ್ದ ಪಕ್ಷದಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನವೊಂದು ಅದ್ಭುತ ವಿಷಯವೇ ಸರಿ. ವ್ಯಕ್ತಿ ತಾನು ಸಮರ್ಥನಾಗಿ ದುಡಿಯಬಲ್ಲೆನೆಂದು ಭಾವಿಸುವ ಕಾರ್ಯದ ಮೂಲಕ ಅನ್ನಗಳಿಸಬೇಕು. ಎಂದು ನಾವು ಯಾರಿಗೇ ಆಗಲಿ ಲೆಕ್ಕ ಒಪ್ಪಿಸಬೇಕಾಗುವುದಿಲ್ಲವೋ ಅಂದು ಮಾತ್ರ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಾಹಸೋದ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಸಂತೋಷ ಕಾಣುತ್ತೇವೆ.

ಅನು : ಜಿ. ಟಿ. ಎನ್.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವಾಣಿ

ಮನುಷ್ಯನ ಆಸೆ ಆಕಾಂಕ್ಷೆಗಳ ನಿರುಪಯುಕ್ತತೆ ಮತ್ತು ನಿಸರ್ಗ ಹಾಗೂ ಭಾವನಾಪ್ರಪಂಚ ಎರಡರಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರಕಾಶಿತವಾಗುವ ಮಹೋನ್ನತ ಹಾಗೂ ಅತ್ಯದ್ಭುತ ಕ್ರಮ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಅರಿವಿಗೆ ಬಂದು ವೈಯಕ್ತಿಕ ಅಸ್ತಿತ್ವ ಒಂದು ಬಗೆಯ ತುರಂಗವಾಸವೆಂಬ ಭಾವ ಅವನಲ್ಲಿ ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ಬೇರೂರಿ ಸಮಗ್ರ ವಿಶ್ವವನ್ನೂ ಏಕ ಘಟಕವಾಗಿ ಅನುಭವಿಸಬೇಕೆಂಬ ಉತ್ಕಟೇಚ್ಛೆ ತೀವ್ರವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಶ್ವಮತದ ಆರಂಭ ಮಾನವ ಕುಲದ ಮೊದಲ ದಿನಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ—ಡೇವಿಡ್ಡನ ಅನೇಕ ಸ್ತೋತ್ರ ಗೀತೆಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಕೆಲವು ಮಂದಿ ಪ್ರವಾದಿಗಳ ಪ್ರವಚನಗಳಲ್ಲಿ. ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಶಾಪೆನ್‌ಹಾರನ [1788–1860] ಉತ್ಕೃಷ್ಟ ಬರವಣಿಗೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿದು ಬಂದಿರುವಂತೆ ಬೌದ್ಧಮತದಲ್ಲಿ ವಿಶ್ವಮತದ ಪ್ರಬಲ ಅಂಶ ಅಂತರ್ಗತವಾಗಿತ್ತು.

ಯಾವುದೇ ಜನಾಂಗದ ಭಾಗವಾಗಿರುವ ಒಂದು ಸಮುದಾಯದ ಸದಸ್ಯರು ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಎದ್ದು ಕಾಣುತ್ತಿರುವ ತನಕವೂ ಆ ಜನಾಂಗ ಘರ್ಷಣವಿಮುಕ್ತವಾಗಿ ರಲಾರದು. ಜನ ಸಮಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಏಕರೂಪತೆ ಐದುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಬಹುದಾದರೂ ಅಪೇಕ್ಷಣೀಯವಲ್ಲವೆಂಬುದು ನನ್ನ ಅಭಿಪ್ರಾಯ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸಮಾಜದಲ್ಲಿಯೂ ಸಾಮಾನ್ಯ ನಂಬುಗೆಗಳು, ಗುರಿಗಳು ಹಾಗೂ ಒಂದೇ ತೆರನಾದ ಆಸಕ್ತಿಗಳು, ಒಂದು ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ, ಘಟಕಗಳಾಗಿ ವರ್ತಿಸುವಂಥ ಸಮುದಾಯಗಳನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸುತ್ತವೆ. ಸದಾ ಈ ಸಮುದಾಯಗಳ ನಡುವೆ ಘರ್ಷಣೆ ಇದ್ದೇ ಇರುತ್ತದೆ—ವ್ಯಕ್ತಿಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಅದೇ ತೆರನಾದ ತಿರಸ್ಕಾರ ಮತ್ತು ಪೈಪೋಟಿ.

ಅನು : ಜಿ. ಟಿ. ಎನ್.

ಸಂದೇಶ

"'ವಿಜ್ಞಾನ ಕರ್ಣಾಟಕ'ವನ್ನು ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯವು ಆರಂಭಿಸಿರುವುದು ಕನ್ನಡಿಗರಿಗೆಲ್ಲ ಬಹು ಹೆಮ್ಮೆಯ ವಿಷಯ. ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲೆಲ್ಲ ವಿಜ್ಞಾನದ ಮುನ್ನಡೆಯು ಬಹಳ ಶೀಘ್ರಗತಿಯಿಂದ ಆಗುತ್ತಿದೆ. ನಮ್ಮ ಭಾರತವೂ ಅದಕ್ಕೆ ಅಪವಾದವಲ್ಲ. ಆದರೆ ಇಲ್ಲಿ ಇದರ ಜ್ಞಾನವು ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ತಿಳಿದವರಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಸೀಮಿತವಾಗಿದೆ. ಇದು ಶೋಚನೀಯ.

19ನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಭಾರತದ ವಿದ್ಯಾಭ್ಯಾಸ ಕ್ರಮವು ನಮ್ಮ ಆಳರಸರಾದ ಬ್ರಿಟಿಷರಿಂದ ರೂಪಗೊಂಡಿತು. ಅವರು ಇಂಗ್ಲಿಷಿನಲ್ಲಿಯೇ ವಿದ್ಯಾಭ್ಯಾಸ ನಡೆಯ ಬೇಕೆಂದು ತೀರ್ಮಾನಿಸಿದರು. ಇದು ನಮ್ಮ ಪಾರತಂತ್ರ್ಯದ ಫಲ. ಆದರೆ ಚೈನಾ ಜಪಾನು ದೇಶಗಳು ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ನಮ್ಮಂತೆಯೇ ಹಿಂದುಳಿದಿದ್ದರೂ ಸ್ವತಂತ್ರರಾದುದ ರಿಂದ ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ತಮ್ಮ ಭಾಷೆಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಕಲಿಯಲಾರಂಭಿಸಿದರು. ಆದರೆ ಇದರಿಂದ ನಮ್ಮ ದೇಶದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯಾವಂತರಿಗೂ ಜನಸಾಮಾನ್ಯರಿಗೂ ಮಧ್ಯೆ ಒಂದು ಅಭೇದ್ಯವಾದ ಗೋಡೆಯು ನಿರ್ಮಿತವಾಯಿತು.

ಈಗ ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯಾನಂತರ ನಮ್ಮ ಜನರು ಈ ಅವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸಲು ಬಹಳವಾಗಿ ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಮಾಡಲು ಅನೇಕ ಎಡರುತೊಡರುಗಳನ್ನು ಎದುರಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ. ದೇಶದಾದ್ಯಂತ ಒಂದೇ ಭಾಷೆ ಯಾಗಿದ್ದರೆ ಇಷ್ಟು ಹೊತ್ತಿಗೆ ವಿದ್ಯಾಭ್ಯಾಸ ಕ್ರಮವನ್ನೂ ಶಿಕ್ಷಣಮಾಧ್ಯಮವನ್ನೂ ಸರಿಪಡಿಸಬಹುದಾಗಿತ್ತೆಂದು ತೋರುತ್ತದೆ. ಪೂರ್ವಕಾಲದಲ್ಲಿ ಭಾರತದಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಭಾಷೆಗಳಿದ್ದರೂ, ಸಂಸ್ಕೃತವೇ ಭಾರತಕ್ಕೆಲ್ಲ ಭಾಷಾಮಾಧ್ಯಮವಾಗಿ ಸಂಸ್ಕೃತಿ ಧರ್ಮ ಆಚರಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಐಕ್ಯಭಾವವನ್ನು ಮೂಡಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾಯಿತು. ಆದರೆ ಈಗ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಬದಲಾಗಿದೆ. ಹೆಚ್ಚು ಕಷ್ಟದಿಂದ ದೃಢಪ್ರಯತ್ನದಿಂದ ಸಾಧಿಸ ಬೇಕಾಗಿವೆ.

ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ದೇಶಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರಮಾಡಲು ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಶಬ್ದಗಳು ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಸವಾಲಾಗಿದೆ. ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ಶಬ್ದಗಳನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ ಬೇಗ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯು ಬಗೆಹರಿಯುತ್ತದೆ. ಆಂಗ್ಲೇಯರು ಲ್ಯಾಟಿನ್ ತ್ಯಜಿಸಿ ಇಂಗ್ಲಿಷನ್ನು ಮಾಧ್ಯಮವಾಗಿ ಬಳಸುವಾಗ ಲ್ಯಾಟಿನ್ ಮುಂತಾದ ಭಾಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಚಲಿತವಾಗಿದ್ದ ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಶಬ್ದಗಳನ್ನೇ ವ್ಯತ್ಯಾಸಮಾಡದೆ ಬಳಸಲಾರಂಭಿಸಿದರು. ಹಾಗಾದರೆ ನಮ್ಮಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರಗತಿಯು ಶೀಘ್ರಗತಿಯಿಂದ ಮುಂದುವರಿಯುವುದರಲ್ಲಿ ಸಂದೇಹವಿಲ್ಲ.

ವಿಜ್ಞಾನ ಕರ್ನಾಟಕವು ಪ್ರೊ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ನೂರನೆಯ ಹುಟ್ಟುಹಬ್ಬಕ್ಕೆ ವಿಶೇಷ ಸಂಪುಟವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸುತ್ತಿರುವುದು ಬಹಳ ಸ್ತುತ್ಯಾರ್ಹವಾಗಿದೆ. ಪ್ರೊ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರಂತಹ ಪ್ರತಿಭಾವಂತರು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಅವತರಿಸುವುದು ಅತಿ ವಿರಳ. ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಮಹತ್ಕ್ರಾಂತಿಯನ್ನೇ ಎಸಗಿದ ಮಹಾ ವಿಭೂತಿಪುರುಷ. ಕೇವಲ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಅನೇಕ ಶಾಖೆಗಳ ಮೇಲೆ ಅಪೂರ್ವ ಬೆಳಕನ್ನು ಚೆಲ್ಲಿದ ಅಸಾಧಾರಣ ವಿಜ್ಞಾನಿ. ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು, ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು, ಆತನಿಗೆ ಚಿರಋಣಿಗಳು. ಪರಮಾತ್ಮನು ಆತನ ಆತ್ಮಕ್ಕೆ ಚಿರಶಾಂತಿಯನ್ನು ದಯಪಾಲಿಸಲಿ.

ಎಸ್. ಬಿ. ಬೊಂಡಾಡೆ
ನಿವೃತ್ತ ಕೊಲೆಜಿಯೇಟ್ ವಿದ್ಯಾಭ್ಯಾಸದ
ಡೈರೆಕ್ಟರ್, ಕರ್ನಾಟಕ

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವಾಣಿ

ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಬಂಧಗಳ ಹೊರತಾಗಿ ಬೇರಾವುದನ್ನೂ ಗಣಿತ ಪರಿಗಣಿಸದು. ಅನುಭವದೊಡನೆ ಅವುಗಳ ಸಂಬಂಧವೇನೆಂಬುದು ಗಣಿತದ ಗೊಡವೆ ಅಲ್ಲ. ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವಾದರೊ ಗಣಿತ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳೊಡನೆಯೇ ವ್ಯವಹರಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇವುಗಳಿಗೆ ಅನುಭವದ ಸಂಗತಿಗಳೊಡನೆ ಇರುವ ಸಂಬಂಧದ ಸ್ಪಷ್ಟ ನಿರ್ಧರಣೆಯಿಂದ ಮಾತ್ರ ಇವು ಭೌತ ಅರ್ಥ ಪಡೆಯುತ್ತವೆ.

ಅನು : ಜಿ. ಟಿ. ಎನ್.

ಕಲ್ಪನೆಯಿಂದ ಕತ್ತರಿಸಿ ತೆಗೆದ ಅಮೃತ ಶಿಲೆ

ಡಬ್ಲಿನ್ ಇನ್‌ಸ್ಟಿಟ್ಯೂಟ್ ಫಾರ್ ಅಡ್ವಾನ್ಸ್ಡ್ ಸ್ಟಡೀಸ್, ಡಬ್ಲಿನ್, ಐರ್ಲೆಂಡ್ ಇಲ್ಲಿನ ಸ್ಕೂಲ್ ಆಫ್ ತೀಯೊರೆಟಿಕಲ್ ಫಿಸಿಕ್ಸ್‌ನಲ್ಲಿ ಎಮೆರಿಟಸ್ ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಆಫ್ ತೀಯೊರೆಟಿಕಲ್ ಫಿಸಿಕ್ಸ್ ಆಗಿರುವ ಡಾಕ್ಟರ್ ಜಾನ್ ಎಲ್. ಸಿಂಗ್ ಅವರು 'ವಿಜ್ಞಾನ ಕರ್ನಾಟಕ'ದ ಸಂಪಾದಕ ಡಾಕ್ಟರ್ ಎಚ್. ಸಂಜೀವಯ್ಯನವರಿಗೆ ಬರೆದ ಕಾಗದದ ಅನುವಾದ.

ಡಬ್ಲಿನ್
31 ಜನವರಿ 1979

ಪ್ರಿಯ ಶ್ರೀ ಸಂಜೀವಯ್ಯನವರೇ

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಶತಮಾನೋತ್ಸವವನ್ನು ಕುರಿತ ನಿಮ್ಮ ನವಂಬರ್ 21ರ [1978] ಕಾಗದಕ್ಕೆ ಮಾರೋಲೆ ಬರೆಯಲು ವಿಳಂಬವಾದದ್ದಕ್ಕೆ ಕ್ಷಮೆ ಯಾಚಿಸುತ್ತೇನೆ. ಸದ್ಯ ಈ ಪತ್ರವನ್ನು ನಿಮಗೆ ಬರೆಯುವುದೇ ನಾನು ಮಾಡಬಹುದಾದ ಯೋಗ್ಯ ಕಾರ್ಯವೆಂದು ಭಾವಿಸಿದ್ದೇನೆ. ಇದನ್ನು ನೀವು ಪೂರ್ತಿ, ಇಲ್ಲವೇ ಭಾಗಶಃ, ನಿಮಗೆ ಸರಿಕಂಡಂತೆ ಪ್ರಕಟಿಸಬಹುದು.

ನನ್ನ ವಯಸ್ಸೀಗ ಎಂಬತ್ತೆರಡರ ಸನಿಹದಲ್ಲಿದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಆಗಿರುವ ಅತ್ಯಾಧುನಿಕ ಅಭಿವರ್ಧನೆಗಳನ್ನು (ಡಿವೆಲೊಪ್‌ಮೆಂಟ್ಸ್) ಗಮನಿಸಿ ಅರಿಯಲು ಯುಕ್ತಪ್ರಯತ್ನ ಕೈಗೊಳ್ಳುವಷ್ಟು ತ್ರಾಣ ಉಳಿದಿಲ್ಲ. ಎಂದೇ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಇಂದು ಹೇಗಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಕ್ರೋಢೀಕರಿಸಲು ನಾನು ಸಮರ್ಥನಲ್ಲ. [ಇದು ಹಾಗಿರಲಿ]. ಇಂದಿಗಾದರೂ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೂಲಭೂತ ಭಾವನೆಗಳು ಬದಲಾಗಿವೆ ಎಂದೇನೂ ನಾನು ಭಾವಿಸಿಲ್ಲ. ನನ್ನ ಬೌದ್ಧಿಕ ಜೀವನದ ಹೆಚ್ಚಿನ ಅಂಶವನ್ನು ಇವುಗಳ ವ್ಯಾಸಂಗದಲ್ಲಿಯೇ ಕಳೆದಿರುವೆನಾದ್ದರಿಂದ ಈಗಲೂ ಇವು ನನಗೆ ಪರಿಚಿತವಾಗಿವೆ.

ಅನೇಕ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಿಂದ ದೃಢಪಟ್ಟಿರುವಂತೆ ಇಂದು ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು (ಸ್ಪೆಶಲ್ ತೀಯೊರಿ ಆಫ್ ರಿಲೆಟಿವಿಟಿ) ಗುರುತ್ವ (ಗ್ರ್ಯಾವಿಟೇಶನ್) ಯಾವುದೇ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸದ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಸಾಧು ಸಿದ್ಧಾಂತವಾಗಿ ಅಂಗೀಕರಿಸಲಾಗಿದೆಯೆಂದು ಧೈರ್ಯವಾಗಿ ಹೇಳಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಅಭಿವರ್ಧಿಸಲು ಹಾಗೂ ಇದು ವ್ಯಾಪಕವಾಗಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗಲು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸಾಕಷ್ಟು ಶ್ರಮಿಸಿದ್ದರಾದ್ದರಿಂದ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಮಾಮೂಲಾಗಿ ಇವರ ಹೆಸರಿ

ನೊಂದಿಗೆ ಹೊಂದಿಸುವುದು ವಾಡಿಕೆ. ಇದು ಸರಿಯಾದದ್ದು ಮತ್ತು ಯುಕ್ತವಾದದ್ದು. ಆದರೆ ಇವರನ್ನು ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತದ ಆವಿಷ್ಕರ್ತೃ ಎಂಬುದಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಬೇಕೇ ಎನ್ನುವುದು ಚರ್ಚಾಸ್ಪದ ವಿಷಯ. ಈ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಸರ್ ಎಡ್ಮಂಡ್ ವಿಟ್ಟೇಕರ್ (1873–1956) ಮತ್ತು ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಕಾರ್ನೀಲಿಯಸ್ ಲ್ಯಾಂಕ್ಜೋಸ್ (1893–1974) ಎಂಬ ನನ್ನ ಇಬ್ಬರು ಹಳೆಯ ಗೆಳೆಯರು ಭಿನ್ನಾಭಿಪ್ರಾಯ ಹೊಂದಿದ್ದರು. ಲೊರೆಂಟ್ಸ್ ಮತ್ತು ಪ್ವಾನ್‌ಕ್ಯಾರೇ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ನಿಜ ಮೂಲಪುರುಷರೆಂದು ವಿಟ್ಟೇಕರ್ ತಮ್ಮ ಗ್ರಂಥ Histories of the Theories of Aether and Electricity (Volume 2, London, 1953) ಎಂಬುದರಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದರೆ ಈ ಅಭಿಪ್ರಾಯವನ್ನು ಲ್ಯಾಂಕ್ಜೋಸ್ ತಮ್ಮ ಗ್ರಂಥ Einstein Decade (1905–1915) (London, 1974) ಎಂಬುದರಲ್ಲಿ ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ವಿರೋಧಿಸಿದರು.

ಭಾವವಿಕಾರಾಧೀನವಾಗದೆ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಎದುರಿಸುವುದು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಅಸಾಧ್ಯವೆಂದೇ ತೋರುತ್ತದೆ. ವಿಟ್ಟೇಕರರ ಗ್ರಂಥದಲ್ಲಿ ಉದ್ಧೃತ ಉಲ್ಲೇಖಗಳು ಸಮೃದ್ಧವಾಗಿವೆ. ಎಂದೇ ಪ್ರಸಕ್ತ ಶತಮಾನದ ಮೊದಲ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿದ ಅಸಾಧಾರಣ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳನ್ನು ಇದರಿಂದ ಅರಿಯುವುದು ಸುಲಭ. 1903ರಲ್ಲಿ ಲೊರೆಂಟ್ಸ್ ಅವರು 'ಪರಿವರ್ತನೆ'ಗಳನ್ನು (ಟ್ರಾನ್ಸ್‌ಫಾರ್ಮೇಶನ್ಸ್) ಆವಿಷ್ಕರಿಸಿದರು. ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಅವರ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ಸಮೀಕರಣಗಳು (ಎಲೆಕ್ಟ್ರೊಮ್ಯಾಗ್ನೆಟಿಕ್ ಇಕ್ವೇಶನ್ಸ್) ಈ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಲ್ಲಿ ರೂಪವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳದೆ ಹಾಗೆಯೇ ಉಳಿದಿರುತ್ತವೆ. ಪ್ವಾನ್‌ಕ್ಯಾರೇ ಇವನ್ನು ಲೊರೆಂಟ್ಸ್ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳೆಂದು ಹೆಸರಿಸಿದರು. ಈ ಹೆಸರು ಉಳಿದುಕೊಂಡಿದೆ. ಮುಂದೆ 1904ರಲ್ಲಿ ಪ್ವಾನ್‌ಕ್ಯಾರೇ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾತತ್ತ್ವವನ್ನು (ಪ್ರಿನ್ಸಿಪಲ್ ಆಫ್ ರಿಲೆಟಿವಿಟಿ) ನಿರೂಪಿಸಿದರು. ಅಲ್ಲದೇ ಯಾವ ವೇಗವೂ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಮೀರಲಾರದಂಥ ಹೊಸ ಬಗೆಯ ಗತಿವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು (ಡೈನಮಿಕ್ಸ್) ಅಭಿವರ್ಧಿಸಬೇಕೆಂದು ಮುನ್ನುಡಿದರು. 'ಚಲಿಸುವ ಕಾಯಗಳ ವಿದ್ಯುದ್ಗತಿವಿಜ್ಞಾನ'ದ (ಎಲೆಕ್ಟ್ರೊಡೈನಮಿಕ್ಸ್ ಆಫ್ ಮೂವಿಂಗ್ ಬಾಡೀಸ್) ಮೇಲಿನ ತಮ್ಮ ಸುಪ್ರಸಿದ್ಧ ಪ್ರಬಂಧವನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ 1905ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸಿದರು. ಇದು ಸಾಪೇಕ್ಷತಾತತ್ತ್ವದ ಮೇಲೆ ಆಧಾರಿತವಾಗಿತ್ತು. ಇದರಲ್ಲಿ ಪ್ವಾನ್‌ಕ್ಯಾರೇ ಹೆಸರು ಪ್ರಸ್ತಾವಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರಲಿಲ್ಲ. 1906ರಲ್ಲಿ ಪ್ಲ್ಯಾಂಕ್ ಕಣಚಲನೆಯ ಗತಿವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಶೋಧಿಸಿದರು. ಪ್ವಾನ್‌ಕ್ಯಾರೇ ಇವನ್ನು ಮುನ್ನುಡಿದಿದ್ದರು.

ಇದೊಂದು ಗೋಜುಗೋಜಲು ಚಿತ್ರ. ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯ ಬೆನ್ನೆಲುಬಾದ ಪರಿವರ್ತನನಿಯಮವನ್ನು ಮೊದಲಿಗೆ ಪಡೆದ ಲೊರೆಂಟ್ಸ್ ಇದನ್ನೇನೂ ಸಡಿಲಗೊಳಿಸಲಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಭೌತ ಅಸ್ತಿತ್ವವಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಅವರೆಂದೂ ಅಂಗೀಕರಿಸಲಿಲ್ಲ. ಒಬ್ಬ ಮಹಾಪುರುಷನ ಜನ್ಮಶತಮಾನೋತ್ಸವವನ್ನು ಆಚರಿಸುವ

ವೇಳೆ ಆತನ ಸಿದ್ಧಿಗಳನ್ನು, ಪ್ರಾಯಶಃ, ನಾವು ಉತ್ಪ್ರೇಕ್ಷಿಸುವ ಅಪಾಯ ಉಂಟು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಒಬ್ಬರೇ ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸಿದರೆಂದು ಹೇಳುವುದು ಅತಿಯಾದೀತೆಂದು ಭಾವಿಸಿದ್ದೇನೆ. ಅವರು ಪ್ರಚಲಿತ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಹೀರಿಕೊಂಡು ತುಂಬ ಕೌಶಲದಿಂದ ಅವನ್ನು ಅಭಿವರ್ಧಿಸಿದರು. ಹೀಗಾಗಿ ಅವುಗಳ ಅರ್ಥ ಚೆನ್ನಾಗಿ ತಿಳಿಯುವಂತಾಯಿತು. ಈತರಿನ ವಿಚಿತ್ರ ಗುಣಗಳಿಂದ ದಿಗ್ಭ್ರಾಂತರಾಗಿದ್ದ ಯಾರೇ ಆಗಲಿ ಅಸ್ತಿತ್ವವೇ ಇಲ್ಲದ ಅದರ ಬಗ್ಗೆ ತಲೆಕೆಡಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಅನಾವಶ್ಯಕವೆಂದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರಿಂದ ತಿಳಿದಾಗ ಮಹದಾನಂದಪಟ್ಟಿರಬೇಕು.

ಹೆನ್ರಿ ಪ್ವಾನ್‌ಕ್ಯಾರೇಯವರ (1854–1912) ಜನ್ಮಶತಮಾನೋತ್ಸವವನ್ನು 1954ರಲ್ಲಿ ಆಚರಿಸಿದಾಗ ಸುಂದರ [ಸಂಸ್ಮರಣ] ಗ್ರಂಥವೊಂದನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಲಾಯಿತು. ಅದರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರನ್ನು ಕುರಿತ ಕೆಲವು ಉಲ್ಲೇಖಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿದ್ದೇನೆ. "ಅವರು [ಪ್ವಾನ್‌ಕ್ಯಾರೇ] ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಕೃತಿಗಳ ಪೂರ್ವಕರ್ತೃ. ಭೂರಿಜನ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಸಿದ್ಧಾಂತವೆಂದು ಒಟ್ಟಾರೆ ಭಾವಿಸಿರುವ ಆಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲದ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯನ್ನು (ರಿಲೆಟಿವಿಟಿ ಆಫ್ ಸ್ಪೇಸ್ ಅಂಡ್ ಟೈಮ್) ಕುರಿತ ಎಲ್ಲ ಪರಿಗಣನೆಗಳು ನಿಜಕ್ಕೂ ಪ್ವಾನ್‌ಕ್ಯಾರೆಯವರವೇ ಆಗಿವೆ (ಪುಟ 181)." ಇದನ್ನು ಅಸಂಬದ್ಧ ಪ್ರಲಾಪವೆಂದು ಒಡನೆ ತಿರಸ್ಕರಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಪ್ವಾನ್‌ಕ್ಯಾರೇ–ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ [ಬೌದ್ಧಿಕ] ಸಂಬಂಧದ ಬಗ್ಗೆ ಪ್ರಿನ್ಸ್ ಲೂಯಿ ಡೀ ಬ್ರಾಗ್ಲಿ ಒಂದು ಕುತೂಹಲಕಾರಿ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ ಮಾಡಿದ್ದಾರೆ (ಪುಟ 65). ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ನಿರ್ಧಾರದಾಯಕ ಪ್ರಬಂಧ ಪ್ರಕಟವಾಗುವ ಅದೇ ಮೊದಲು, 1904ರಲ್ಲಿ, ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತದ ಸಮಸ್ತ ಘಟಕಗಳೂ ಪ್ವಾನ್‌ಕ್ಯಾರೇ ವಶದಲ್ಲಿದ್ದುವೆಂದು ಡೀ ಬ್ರಾಗ್ಲಿ ಹೇಳಿದ್ದಾರೆ. ಹಾಗಾದರೆ ಪ್ವಾನ್‌ಕ್ಯಾರೇ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯನ್ನು ಅಭಿವರ್ಧಿಸುವ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರಿಗೆ ಬಿಟ್ಟುಕೊಟ್ಟುದರ ರಹಸ್ಯವೇನು? ಅವರು [ಪ್ವಾನ್‌ಕ್ಯಾರೇ] ಅತಿಯಾದ ಶುದ್ಧಗಣಿತವಿದರಾಗಿದ್ದು ಭೌತಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ (ಫಿಸಿಕಲ್ ತೀಯೊರೀಸ್) ಬಗೆಗೆ ಸಂದೇಹಸ್ವಭಾವದವರಾಗಿದ್ದುದರಿಂದ ವಿರುದ್ಧ ವಿಧಾನಗಳ ನಡುವೆ ಯಾವುದನ್ನು ಆಯಬೇಕು ಎಂಬುದನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಅಸಮರ್ಥರಾಗಿದ್ದರು. ಇದೇ ಈ ರಹಸ್ಯದ ಕಾರಣ. "ಹೀಗಾಗಿ ಆ ಫ್ರೆಂಚ್ ಮಹಾ ಪ್ರತಿಭಾನ್ವಿತನ [ಪ್ವಾನ್‌ಕ್ಯಾರೇ] ಪ್ರಗಲ್ಭ ಗಣಿತಜ್ಞಾನದೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ ತೀರ ಅಪ್ರಬುದ್ಧ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದ, ಆಗ ಕೇವಲ ಇಪ್ಪತ್ತೈದು ವರ್ಷ ವಯಸ್ಸಿನವರಾಗಿದ್ದ, ತರುಣ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗಿಂತ ಮೊದಲೇ ಒಂದು ಸಂಶ್ಲೇಷಣೆಯನ್ನು (ಸಿಂತೆಸಿಸ್) ತಲಪುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಈ ಸಂಶ್ಲೇಷಣೆ ಇವರ ಪೂರ್ವಜರ ಸಮಸ್ತ ಆಂಶಿಕ ಪ್ರಯತ್ನಗಳನ್ನೂ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತ ಮತ್ತು ಸಮರ್ಥಿಸುತ್ತ ಎಲ್ಲ ತೊಡಕುಗಳನ್ನೂ ಒಮ್ಮೆಗೇ ಗುಡಿಸಿ ಬಿಸಾಡಿತು. ಭೌತವಾಸ್ತವತೆಯ (ಫಿಸಿಕಲ್ ರಿಯಲಿಟಿ) ಬಗೆಗಿನ ಪ್ರಗಲ್ಭ ಅಂತರ್ಬೋಧೆಯಿಂದ (ಇಂಟ್ಯೂಶನ್) ಮಾರ್ಗದರ್ಶಿತವಾದ ತೀವ್ರ ಚಟುವಟಿಕೆಯ ಮಹಾಸಿದ್ಧಿ ಇದು!"

ಈ ಕೊನೆಯ ವಾಕ್ಯ ನಿಜವೆಂದು ತೋರುತ್ತದೆ: ತಮ್ಮ ಸಮಸ್ತ ಕೃತಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅಸಾಧಾರಣ ಭೌತ ಅಂತರ್ಬೋಧೆಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿರುವುದು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ.

ಒಬ್ಬ ಇತಿಹಾಸಕಾರ ಆದಿಪರಿಶೋಧಕರು ನವಪ್ರಾಂತಗಳಿಗೆ ಹಾದಿ ಅರಸಿ ನಡೆದ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಎತ್ತಿ ತೋರಿಸುವ ಪ್ರಕಟಣೆಗಳನ್ನು — ಇವು ಮೂಲ ಆಕರಗಳು— ಗಮನಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಸುಸ್ಥಾಪಿತ ಸಿದ್ಧಾಂತವೊಂದರ ಸಾರಭೂತ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಗೊಂದಲವಿಲ್ಲದೆ ಚುರುಕಾಗಿ ಗ್ರಹಿಸುವುದು ಉದ್ದೇಶವಾಗಿರುವ ಒಬ್ಬ ಆಧುನಿಕ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯಾದರೋ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಇದರ ಆಧುನಿಕ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಅಭ್ಯಸಿಸುವುದು ಅಪೇಕ್ಷಣೀಯ. ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತದ ಆಧುನಿಕ ರೂಪ ಪ್ರಾರಂಭವಾದದ್ದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರಿಂದಲ್ಲ, ಬದಲು, ಇವರಿಗೆ ಆ ಮೊದಲು ಉಪಾಧ್ಯಾಯರಾಗಿದ್ದ ಹರ್ಮನ್ ಮಿಂಕೊವ್ಸ್ಕೀಯವರಿಂದ. ಇವರಿಗೆ ಅವರ [ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ] ಬಗೆಗೆ ಅಂಥ ಸದಭಿಪ್ರಾಯವೇನೂ ಇದ್ದಂತಿರಲಿಲ್ಲ [ಇದು ಹಾಗಿರಲಿ]. ಮಿಂಕೊವ್ಸ್ಕೀಯವರನ್ನು ಸ್ಮರಿಸದ ಯಾವ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ಸಮಾರಂಭವೂ ಪೂರ್ತಿ ಆಗದು. ಹೀಗೆ ಹೇಳಲು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಎರಡು ಕಾರಣಗಳಿವೆ. ಮೊದಲನೆಯದು, ಆಕಾಶ–ಕಾಲ(ಸ್ಪೇಸ್–ಟೈಮ್) ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮಗಳ ಪ್ರಾಂತ (ಫೋರ್ ಡೈಮೆನ್ಶನಲ್ ಡೊಮೇನ್), ಇದರಲ್ಲಿ ಘಟನೆಗಳು (ಈವೆಂಟ್ಸ್) ಬಿಂದುಗಳಿಂದ ಸೂಚಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ ಎಂಬ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸಿ ಮಿಂಕೊವ್ಸ್ಕೀ ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಅದರಲ್ಲಿ ತತ್ಪೂರ್ವ ಇರದಿದ್ದ ನೂತನ ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ಸೌಂದರ್ಯವನ್ನೂ ಸರಳತೆಯನ್ನೂ ಒದಗಿಸಿದರು — ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಕಲ್ಪಣೆಯಿಂದ ಅಮೃತಶಿಲೆಯನ್ನು ಕತ್ತರಿಸಿ ತೆಗೆದರೆ ಮಿಂಕೊವ್ಸ್ಕೀ ಅದೇ ಅಮೃತಶಿಲೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ವಿಗ್ರಹವನ್ನು ಕಂಡರಿಸಿದರು. ಸಮುಚಿತ ಕಾಲದ (ಪ್ರಾಪರ್ ಟೈಮ್) ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸುತ್ತ ಮಿಂಕೊವ್ಸ್ಕೀ ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯಲ್ಲಿನ ಸಾರಭೂತ ಮಾಪನೆಯೆಂದರೆ ಈ ಸಮುಚಿತ ಕಾಲದ ಮಾಪನೆ ಎಂದರು. ಆದರೆ, ಎರಡನೆಯದಾಗಿ — ಮತ್ತು ಇಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಮುಂದೆ ಮಿಂಕೊವ್ಸ್ಕೀಯವರಿಗೆ ಆಭಾರಮನ್ನಣೆ ಸಲ್ಲಿಸಿದ್ದಾರೆ — ಆಕಾಶ–ಕಾಲ ಒಂದು ಚಪ್ಪಟೆ ಬಹುಸಂಚಯ (ಫ್ಲ್ಯಾಟ್ ಮ್ಯಾನಿಫೋಲ್ಡ್) (ಗಣಿತೀಯ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ) ಎಂಬ ಮಿಂಕೊವ್ಸ್ಕೀಯವರ ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ಪರಿಕಲ್ಪನೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರಿಗೆ ತಮ್ಮ ಗುರುತ್ವ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಅಭಿವರ್ಧಿಸಲು ಆ ಬಹುಸಂಚಯವನ್ನು ವಕ್ರಗೊಳಿಸುವಂತೆ (ಕರ್ವ್ಡ್) ಪ್ರೇರಣೆ ನೀಡಿತು.

ನ್ಯೂಟನ್‌ಅವರ ಶುದ್ಧ ಕಾಲದ (ಅಬ್ಸೊಲ್ಯೂಟ್ ಟೈಮ್) ಪರಿಕಲ್ಪನೆ ಯಾವಾಗ ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ ನಾಶಗೊಳಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತೊ ಆಗ ಅವರ ಗುರುತ್ವ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಕೂಡ ಪುನಃಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ಒಳಪಡಬೇಕಾಯಿತೆಂಬುದು ಸುವಿದಿತ. ಈ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಇತರ ಅನೇಕರು ಪ್ರಯತ್ನ ನಡೆಸಿದಾಗ್ಯೂ ಜಯ

ಗಳಿಸಿದವರು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಮಾತ್ರ. ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತ (ಜನರಲ್ ಥೀಯೊರಿ ಆಫ್ ರಿಲೆಟಿವಿಟಿ) ಎಂಬುದಾಗಿ ಇವರು ಹೆಸರಿಸಿರುವ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದರು. 'ರಿಲೆಟಿವಿಟಿ' (ಸಾಪೇಕ್ಷತೆ) ಎಂಬ ಪದವನ್ನು ಭವಿಷ್ಯ ಪೀಳಿಗೆಗಳ ಮೇಲೆ ಹೇರುವಲ್ಲಿ ಪ್ವಾನ್‌ಕ್ಯಾರೇ ಯಶಸ್ವಿಯಾದರೆಂಬುದೊಂದು ವಿಚಿತ್ರ ಸಂಗತಿಯೇ ಸರಿ. ಈ ಪದಕ್ಕೆ ಯಾರೂ ಒಂದು ಅರ್ಥವನ್ನು ನೀಡಿಲ್ಲವೆಂಬುದಾಗಿ ತೋರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇಲ್ಲಿ ಈ ಪದದ ಉಪಯೋಗವೊಂದರ ಹೊರತಾಗಿ ತಮ್ಮ ಗುರುತ್ವ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ನಿಜ ಸಂಸ್ಥಾಪಕ ಸಾಕ್ಷಾತ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರೇ ಎಂಬುದರಲ್ಲಿ ಯಾವ ಅನುಮಾನವೂ ಇಲ್ಲ. ಇದನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸಲು ಇವರು ಸಾಕಷ್ಟು ಕಠಿನವಾಗಿದ್ದ ಗಣಿತ ತಂತ್ರಗಳನ್ನು ಕಲಿಯಬೇಕಾಯಿತು. ಈ ಕಲಿಕೆಯ ವೇಳೆ ಅವನ್ನು ಇವರು ಸುಧಾರಿಸಿದರು ಮತ್ತು ಸರಳೀಕರಿಸಿದರು. ತತ್ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಅವು ಸಾಪೇಕ್ಷತೆ ಯೊಡನೆ ಏನೂ ಸಂಬಂಧವಿರದ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಉದ್ಯುಕ್ತರಾಗಿದ್ದ ಹಲವು ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಸುಲಭಲಭ್ಯವಾದುವು.

ಗಣಿತೀಯವಾಗಿ ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತ ಕಠಿನವಿಷಯವೇನೂ ಅಲ್ಲ. ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಗಣನೀಯವಾಗಿ ಕಷ್ಟತರವಾದದ್ದು. ಆದರೆ ಒಮ್ಮೆ ಟೆನ್ಸರ್ ಕಲನಶಾಸ್ತ್ರದ (ಟೆನ್ಸರ್ ಕ್ಯಾಲ್ಕ್ಯುಲಸ್) ಮೇಲೆ ಪ್ರಭುತ್ವ ಸಿದ್ಧಿಸಿತೋ ಮತ್ತೆ ಸೂತ್ರಗಳ ಮೇಲೆ ಕೈಯಾಡಿಸುವುದು ಸುಲಭ. ಭೌತಸಮಸ್ಯೆಗಳಿಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕಾಗುವಾಗ ವಿಶೇಷ ಮತ್ತು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳೆರಡೂ ಹಳೆಯ ವಿಧಾನಗಳಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಯೋಜನಕಾರಿ. ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತ ವನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ ಇದು ಇನ್ನಷ್ಟು ನಿಜ. ಖಗೋಳೀಯ ಬಲವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ (ಸೆಲೆಸ್ಟಿಯಲ್ ಮೆಕ್ಯಾನಿಕ್ಸ್) ಕಾರ್ಯವೆಸಗುತ್ತಿರುವವರು ಇಂದಿಗೂ ನ್ಯೂಟೋನಿಯನ್ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನೇ ಬಳಸುತ್ತಿದ್ದು, ನ್ಯೂಟೋನಿಯನ್ ವಿಧಾನದ ಪ್ರಕಾರ ಲಭಿಸುವ ತೀರ್ಮಾನಗಳಿಗೂ ವೀಕ್ಷಣೆಗೂ ನಡುವೆ ಅಲ್ಪ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಕಂಡಾಗ ಮಾತ್ರ — ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಬುಧಗ್ರಹದ ಪುರರವಿಬಿಂದುವಿನ ಪರಿಭ್ರಮಣೆ (ರಿವೊಲ್ಯೂಶನ್ ಆಫ್ ದಿ ಪೆರಿಹೀಲಿಯನ್ ಆಫ್ ಮರ್ಕ್ಯುರಿ) — ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಗೆ ಶರಣು ಹೋಗುತ್ತಾರೆ. ನಿಸರ್ಗದ ಎರಡು ವಾಸ್ತವಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಈ ನಿಲವಿಗೆ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು : ಮೊದಲನೆಯದು, ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದೊಡನೆ ಹೋಲಿಸುವಾಗ ಗ್ರಹಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷವೇಗಗಳು ಅಲ್ಪವಾಗಿವೆ ; ಮತ್ತು, ಎರಡನೆಯದು, ಸೂರ್ಯ ಮತ್ತು ಗ್ರಹಗಳ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ದುರ್ಬಲವಾಗಿವೆ — ಅಂದರೆ ಇವು ಆಕಾಶ-ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಲ್ಪ ವಕ್ರತೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ.

1920ರಲ್ಲಿ ನಾನು ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯನ್ನು ವ್ಯಾಸಂಗಿಸಲು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದಾಗ ಮುಂದಿನ ಅರ್ಧ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ನ್ಯೂಟೋನಿಯನ್ ವಾದಗಳೂ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆಂಬುದಾಗಿ ಊಹಿಸಿದ್ದೆ. ಆದರೆ ಈಗ ಹಾಗೇನೂ

ಅನ್ನಿಸುತ್ತಿಲ್ಲ. ನಮ್ಮಲ್ಲಿ ಹತ್ಯಾರುಗಳು ಏನೇ ಇದ್ದರೂ ಆಯಾ ಉದ್ದೇಶಕ್ಕೆ ಉತ್ಕೃಷ್ಟವಾದದ್ದನ್ನು ಮಾತ್ರ ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಸಿದ್ಧರಿರಬೇಕು — ಮರ ಕೊಯ್ಯಲು ಗರಗಸ (ಸಾ), ಮುಖಕ್ಷೌರಕ್ಕೆ ಬಾಳು (ರೇಝರ್). ಆದ್ದರಿಂದ ಮೂರನೆಯ ಮಹಾಪ್ರತಿಭಾನ್ವಿತನೊಬ್ಬ ಸರ್ವೋದ್ದೇಶಸಾಧಕ ಹತ್ಯಾರನ್ನು ಒದಗಿಸುವ ತನಕ ನ್ಯೂಟನ್ ಅವರ ಗರಗಸವನ್ನೂ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಬಾಳುವನ್ನೂ ಗೌರವಿಸೋಣ.*

ನಿಮ್ಮ ವಿಶ್ವಾಸಿ

ಜಾನ್ ಎಲ್. ಸಿಂಗ್

ಎಮೆರಿಟಸ್ ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಆಫ್ ಥಿಯೊರೆಟಿಕಲ್ ಫಿಸಿಕ್ಸ್

ನ್ಯೂಟೋನಿಯನ್ ಬಲವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರರೂಪವನ್ನು ತುಂಡರಿಸಿ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯ ಹೊಸ ಪ್ರರೂಪಕ್ಕೆ ಹಾದಿ ಮಾಡಿಕೊಡುವ ಕಾರ್ಯ ಈಗ ನಮ್ಮೆದುರು ಉಂಟು. ಸಾಪೇಕ್ಷತೆ ನಮಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಂದ ದೊರೆತ ಬಳುವಳಿ. ನಾವು ಈ ತನಕ ಅಭ್ಯಸಿಸಿರುವ ವಿಷಯದ ಉತ್ತರ ಹಾಗೂ ಸವಿವರ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಕೇವಲ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಮಾಡುವ ಪ್ರಶ್ನೆ ಇದಾಗಿದ್ದರೆ ಹೋಲಿಕೆಯಿಂದ ಈ ಕಾರ್ಯ ಅತಿ ಸುಲಭವಾಗುತ್ತಿತ್ತು. ಆದರೆ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಹೀಗಿಲ್ಲ, ಸಾಕ್ಷಾತ್ ಅಡಿಪಾಯಗಳಲ್ಲೇ—ಕಾಲವನ್ನು ಕುರಿತ ನಮ್ಮ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯಲ್ಲೇ—ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾಗಿದೆ.

ಸಿಂಗ್ ಮತ್ತು ಗ್ರಿಫಿತ್
ಅನು: ಜಿ. ಟಿ. ಎನ್.

---

* ಮೂಲ ಇಂಗ್ಲಿಷಿನಿಂದ ಕನ್ನಡಕ್ಕೆ ಅನುವಾದ: ಜಿ. ಟಿ. ನಾರಾಯಣರಾವ್

ಡಾ|| ಎಚ್. ಸಂಜೀವಯ್ಯ

ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಜೀವನ ಮತ್ತು ಕಾರ್ಯ

1979 ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ನೂರನೆ ಹುಟ್ಟು ಹಬ್ಬದ ವರ್ಷ. ಪ್ರಪಂಚದ ಎಲ್ಲ ದೇಶಗಳಲ್ಲೂ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಸಾಂಸ್ಕೃತಿಕ ಸಂಘಗಳು, ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯಗಳು, ಶಾಲಾಕಾಲೇಜುಗಳು ಮತ್ತು ಸರ್ಕಾರಗಳು ಪೈಪೋಟಿಯಿಂದ ಅಂಚೆ ಚೀಟಿಗಳನ್ನು ಮುದ್ರಿಸಿ, ಸಭೆಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಿ, ವಿಚಾರಗೋಷ್ಠಿಗಳನ್ನು ವ್ಯವಸ್ಥೆಮಾಡಿ, ಸಮಾರಂಭಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿ ಈ ಹಬ್ಬವನ್ನು ಆಚರಿಸುತ್ತಿವೆ ; ಪ್ರತಿಫಲಿತ ವೈಭವವನ್ನು ಹಂಚಿಕೊಳ್ಳುವ ಆಸೆ ಎಲ್ಲರಿಗು. ಇಪ್ಪತ್ತನೆ ಶತಮಾನದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ಪ್ರಮುಖ ಶಿಲ್ಪಿ, ಮಾನವತಾವಾದಿ, ಶಾಂತಿದೂತ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ನೆನಪು ಸದಾ ಹಸಿರಾಗಿದ್ದು ಕಂಗೊಳಿಸುವಂಥದು ; ತಾವು ಬದುಕಿದ್ದಾಗಲೆ ಕೀರ್ತಿಯ ಉತ್ತುಂಗ ಶಿಖರವೇರಿದ್ದವರು ಅವರು. ಸರ್ ಐಸಾಕ್ ನ್ಯೂಟನ್ ಅವರೊಂದಿಗೆ ಇವರನ್ನು ಹೋಲಿಸುವುದು ರೂಢಿ; ಅಭಿಜಾತ ಮತ್ತು ಆಧುನಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಗಳ ಧ್ರುವ ತಾರೆಗಳು ಇವರು.

ಜರ್ಮನಿಯ ವುರ್ಟೆಂಬರ್ಗ್ ಪ್ರಾಂತ್ಯದ ಉಲ್ಮ್ ಎಂಬ ಊರಿನಲ್ಲಿ 1879ನೆ ಮಾರ್ಚ್ 14ರಂದು ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಜನನವಾಯಿತು. ಅವರ ಪೂರ್ವಿಕರು ಚಿಕ್ಕವ್ಯಾಪಾರಿಗಳೂ, ಅಂಗಡಿ ಮಾಲೀಕರೂ, ಕುಶಲ ಕರ್ಮಿಗಳೂ ಆಗಿದ್ದು ಅವರಲ್ಲಿ ಯಾರೂ ಬೌದ್ಧಿಕ ಸಾಧನೆಯಿಂದ ಪ್ರಸಿದ್ಧಿಗೆ ಬಂದವರಾಗಿರಲಿಲ್ಲ ; ಅವರು ಬದುಕುತ್ತಿದ್ದ ಕಾರ್ಯಕ್ಷೇತ್ರ ಮತ್ತು ಅವರ ಸ್ಥಿತಿಗತಿಗಳು ಅಂಥ ಯಾವುದೆ ಮಹತ್ಸಾಧನೆಗೆ ಪೂರಕವಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಅವರು ಯಹೂದಿ ಮತಾನುಯಾಯಿಗಳಾಗಿದ್ದರು. ಆದರು ಅವರ ಬದುಕು ಸುತ್ತಮುತ್ತಿನ ಇತರೆ ಜನರ ಬದುಕಿಗಿಂತ ಬೇರೆಯಾದುದಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ತಮ್ಮ ಮತಗ್ರಂಥಗಳನ್ನು ಓದುವಂತೆ ಅವರು ಜರ್ಮನಿಯ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಕವಿಗಳಾದ ಶಿಲ್ಲರ್, ಹೈನೆ, ಲೆಸ್ಸಿಂಗ್ ಬರ್ಸ್ತೋರ್ಡ್ ಔರ್‌ಬಾಕ್, ಗಯಟೆ ಮುಂತಾದವರ ಕೃತಿಗಳನ್ನೂ ಓದುತ್ತಿದ್ದರು ; ಬಿಥೋವಿನ್ ಮತ್ತು ಮೊಜಾರ್ಟ್ ಅವರ ಮೆಚ್ಚಿನ ಕಲಾಕಾರರಾಗಿದ್ದರು. ಗ್ರಾಮೀಣ ಮತ್ತು ನಾಗರಿಕ ಸಂಸ್ಕೃತಿಗಳ ಮೃದು

ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಅವರು ವಿಶಾಲ ದೃಷ್ಟಿಯನ್ನೂ, ಸಹನ ಶೀಲತೆಯನ್ನೂ, ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯ ಪ್ರಿಯತೆಯನ್ನೂ ಹೊಂದಿದ್ದರು ; ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಧರ್ಮಾಚರಣೆಯಿಂದ ಬೆಳೆಯುವ ಯಾವ ಜಿಗುಟುತನವೂ ಅವರಲ್ಲಿ ಇರಲಿಲ್ಲ.

ಆಲ್ಬರ್ಟ್‌ನ ತಂದೆ, ಹರ್ಮ್ಯಾನ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್, ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ರಾಸಾಯನಿಕ ಕಾರ್ಖಾನೆಯನ್ನು ನಡೆಸುತ್ತಿದ್ದ. ಅವನು ಅಂಥ ಯಶಸ್ವಿ ಉದ್ಯಮಗಾರನೇನು ಆಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಆದಾಗ್ಯೂ ಅವನು ಆಶಾವಾದಿಯಾಗಿದ್ದ. ರಜದ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಂಡತಿ ಮಕ್ಕಳನ್ನು ಕೂಡಿಕೊಂಡು ಅವನು ಮ್ಯೂನಿಕ್ ನಗರದ ಆಸುಪಾಸಿನಲ್ಲಿದ್ದ ಸುಂದರವಾದ ಬೆಟ್ಟ, ಕಾಡು, ಸರೋವರಗಳನ್ನು ಸುತ್ತಿಬರಲು ಹೋಗುತ್ತಿದ್ದ. ಬೆಚ್ಚನೆಯ ಹೋಟೆಲು ಗಳಲ್ಲಿ ತಂಗಿ ರುಚಿಯಾದ ಭೋಜನಮಾಡುವುದು, ಒಗರಾದ ಬೀರು ಕುಡಿಯುವುದು ಅವನಿಗೆ ಪ್ರಿಯವಾಗಿತ್ತು. ಯಹೂದಿ ಮತಾಚಾರದಲ್ಲಿ ಅವನಿಗೆ ಆಸಕ್ತಿ ಇರಲಿಲ್ಲ. ತಾನು ಬದುಕುತ್ತಿರುವ ಸಮಾಜದೊಂದಿಗೆ ಬೆರೆತು ಬೆಳೆಯುವುದೆ ಅವನಿಗೆ ಹಿತವೆನಿಸಿತ್ತು. ಶಿಲ್ಲರ್ ಮತ್ತು ಹೈನೆ ಅವನ ಮೆಚ್ಚುಗೆಯ ಕವಿಗಳಾಗಿದ್ದರು ; ಹಿರಿಯರ ಬದುಕಿನ ಬಳುವಳಿ ಅವನ ರಕ್ತದಲ್ಲಿ ದುಡಿಯುತ್ತಿತ್ತು.

ಆಲ್ಬರ್ಟ್‌ನ ತಾಯಿ ಪೌಲೀನ್ ಕಾಖ್, ಸಂಗೀತದಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತಿ ಉಳ್ಳವಳಾಗಿದ್ದು, ಹಾಸ್ಯಪ್ರಿಯಳಾಗಿದ್ದಳು. ತನ್ನ ಸಂಸಾರದ ಇತಿಮಿತಿಯನ್ನು ಅರಿತು ಅವಳು ಗಂಡ ಮತ್ತು ಮಕ್ಕಳ ಕ್ಷೇಮವನ್ನು ನೋಡಿಕೊಳ್ಳುವುದರಲ್ಲಿ ತೃಪ್ತಿ ಪಡೆಯುತ್ತಿದ್ದಳು. ಅಭಿಜಾತ ಜರ್ಮನಿ ಸಂಗೀತ ಅವಳಿಗೆ ಹಿಡಿಸಿತ್ತು ; ಕಾರ್ಖಾನೆಯಿಂದ ಮನೆಗೆ ಬರುತ್ತಿದ್ದ ಇಂಜಿನಿಯರುಗಳು ಅವಳು ಹಾಡುವಾಗ ಪಿಯಾನೊ ನುಡಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಆಲ್ಬರ್ಟ್‌ನಿಗೆ ಪಿಟೀಲಿನ ನಂಟು ಒದಗಿದ್ದು ತಾಯಿಗಿದ್ದ ಸಂಗೀತದ ಆಸಕ್ತಿಯಿಂದ.

ಜೇಕಬ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಆಲ್ಬರ್ಟ್‌ನ ಚಿಕ್ಕಪ್ಪ, ಅವನು ಕಲಿತ ಇಂಜಿನಿಯರ್ ಆಗಿದ್ದ. ಅಣ್ಣ ವ್ಯಾಪಾರದ ಮೇಲ್ವಿಚಾರಣೆ ನೋಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಿದ್ದಂತೆ ಇವನು ಅದರ ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿಚಾರಗಳ ಮೇಲ್ವಿಚಾರಕನಾಗಿದ್ದ. ಆಲ್ಬರ್ಟ್‌ನಿಗೆ ಗಣಿತದಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತಿ ಹುಟ್ಟಲು ಈ ಚಿಕ್ಕಪ್ಪನೆ ಕಾರಣ.

ಆಲ್ಬರ್ಟ್‌ನಿಗೆ ಒಬ್ಬಳು ತಂಗಿ ಇದ್ದಳು ; ಅವಳ ಹೆಸರು ಮಾಜ. ಉಲ್ಮ್ ನಗರ ಈ ಮಕ್ಕಳ ಮೇಲೆ ಯಾವ ಪ್ರಭಾವವನ್ನೂ ಬೀರಲಿಲ್ಲ. ಕಾರಣ ಆಲ್ಬರ್ಟ್‌ನಿಗೆ ಒಂದು ವರ್ಷ ಆಗಿದ್ದಾಗಲೆ ಹರ್ಮ್ಯಾನ್ ಮ್ಯೂನಿಕ್ ನಗರಕ್ಕೆ ಬಂದು ನೆಲೆಸಿದ. ಅಲ್ಲಿ ಮನೆಗೆ ಸೇರಿದ್ದ ತೋಟವೊಂದಿತ್ತು. ರಷ್ಯದಿಂದ ಬಂದಿದ್ದ ಒಬ್ಬ ಬಡ ಯಹೂದಿ ಹುಡುಗ ಪ್ರತಿ ಗುರುವಾರ ಇವರ ಮನೆಗೆ ಊಟಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತಿದ್ದ. ಆಲ್ಬರ್ಟ್‌ನ ಪ್ರಪಂಚ ಇಷ್ಟಕ್ಕೆ ಮಿತಿಗೊಂಡಿತ್ತು.

ಬಾಲ್ಯ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯಾಭ್ಯಾಸ : ಮಗುವಾಗಿದ್ದಾಗ ಗುರುತಿಸಬಹುದಾದ ಪ್ರತಿಭೆಯೇನೂ ಆಲ್ಬರ್ಟ್‌ನಲ್ಲಿ ಕಾಣಲಿಲ್ಲ. ಹಾಗೆ ನೋಡಿದರೆ ಅವನು ಮೂರು ವರ್ಷ ಕಳೆಯುವವರೆಗೆ ಮಾತೆ ಆಡಲಿಲ್ಲ ; ಮಾತು ಕಲಿತ ಮೇಲೂ ಅವನು ಮೌನಿಯಾಗಿಯೆ



ಮಾಜ ಮತ್ತು ಆಲ್ಬರ್ಟ್

ಇದ್ದ; ಅಂತರ್ಮುಖಿಯಾಗಿದ್ದ ಮಗುವನ್ನು ಕಂಡು ಇವನೆಲ್ಲಿ ಮಂಕನಾಗುವನೋ ಎಂದು ತಂದೆತಾಯಿಗಳು ಹೆದರಿದ್ದರು. ಅವನಿಗೆ ಐದುವರ್ಷ ಆಗಿದ್ದಾಗ ಅವನ ತಂದೆ ಒಂದು ದಿಕ್ಸೂಚಿಯನ್ನು ತಂದುಕೊಟ್ಟ. ಕಾಂತಸೂಜಿ ಯಾವಾಗಲು ಒಂದೇ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಬಂದು ನಿಲ್ಲುತ್ತಿದ್ದುದನ್ನು ಕಂಡು ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ವಿಸ್ಮಿತನಾದ. ಈ ಮೊದಲ ವಿಸ್ಮಯವೆ ಪ್ರಕೃತಿ ರಹಸ್ಯಗಳ ಕಗ್ಗಂಟುಗಳನ್ನು ತಂದು ಅವನ ಮುಂದೆ ಹರಡಿದ್ದು, ಅವನು ಆಲೋಚನಾ ಪರನಾಗುವಂತೆ ಪ್ರಚೋದಿಸಿದ್ದು.

ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಆಟಪಾಠಗಳಲ್ಲೂ ಉಳಿದ ಮಕ್ಕಳೊಂದಿಗೆ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಬೆರೆಯುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ ಮೈಮುರಿದು ವ್ಯಾಯಾಮ ಮಾಡುವುದು ಅವನಿಗೆ ಹಿಡಿಸುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ. ಒಂಟಿಯಾಗಿ ಕುಳಿತಿರುವುದು, ಹಗಲುಗನಸು ಕಾಣುವುದು ಅವನಿಗೆ ಪ್ರಿಯವಾಗಿದ್ದವು. ಇದರಿಂದ ಅವನನ್ನು ನೋಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಿದ್ದ ದಾದಿ "ಮುದಿ ಕರಡಿ" ಎಂದು ಅವನನ್ನು ಮೂದಲಿಸುತ್ತಿದ್ದಳು. ಏನೆ ಆದರು ಅವನೆ ನಿರ್ಮಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದ ಆಲೋಚನಾ ಜಗತ್ತಿನಿಂದ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಹೊರಗೆ ಬರುತ್ತಿರಲೇ ಇಲ್ಲ.

ಜರ್ಮನಿಯಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮತಗಳಿಗೆ ಸೇರಿದ ಜನ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಶಾಲೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸುತ್ತಿದ್ದ ಕಾಲ ಅದು. ಹರ್ಮ್ಯಾನ್ ವಾಸಿಸುತ್ತಿದ್ದ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಯಹೂದಿಗಳು ನಡೆಸುತ್ತಿದ್ದ ಶಾಲೆ ಇರಲಿಲ್ಲ. ಆದುದರಿಂದ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಕ್ಯಾಥೋಲಿಕ್ ಶಾಲೆ

ಸೇರುವುದು ಅನಿವಾರ್ಯವಾಯಿತು. ಈ ಏರ್ಪಾಟಿನಿಂದ ಹರ್ಮ್ಯಾನನಿಗೇನು ಕಸಿವಿಸಿ ಆಗಲಿಲ್ಲ; ತನ್ನ ಮಗ ಕ್ಯಾಥೋಲಿಕ್ ಮಕ್ಕಳೊಂಗೆ ಬೆಳೆಯುವುದೆ ಹಿತ ಎಂದು ಅವನು ಬಗೆದಿದ್ದ. ತಾನು ಕಲಿಯುತ್ತಿದ್ದ ಶಾಲೆ ಅನ್ಯಮತೀಯರು ನಡೆಸುತ್ತಿದ್ದ ಶಾಲೆ ಎಂಬ ಭಾವನೆ ಆಲ್ಬರ್ಟ್‌ನಿಗು ಉಂಟಾಗಲಿಲ್ಲ. ಅವನಿಗೆ ತಾನು ಮನೆಯಲ್ಲಿ ಕಲಿತ ಯಹೂದಿ ಮತದ ಮೂಲಮಂತ್ರಗಳಿಗೂ, ಕ್ಯಾಥೋಲಿಕ್ ಮತದ ಮೂಲ ಮಂತ್ರಗಳಿಗೂ ಯಾವುದೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿಲ್ಲ ಎಂಬ ಅರಿವು ಮೂಡಿತು. ಈ ಮತಗಳ ಬೋಧನೆಯಿಂದ ಅವನ ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ಸಕಲ ಜಗತ್ತು ಒಂದು ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂಬ ಭಾವನೆ ಬೆಳೆಯಿತು.

ಶಾಲೆಗಳು ದಂಡಿನ ಕೋಣೆಗಳಂತಿದ್ದವು; ಇದು ಆಲ್ಬರ್ಟ್‌ನಿಗೆ ಹಿಡಿಸಲಿಲ್ಲ. ಅವಿಧಿಯಾದ ಚರ್ಚೆಗಾಗಲಿ, ಆಂತರಿಕ ವಿಕಾಸಕ್ಕಾಗಲಿ ಅಲ್ಲಿ ಅವಕಾಶವಿರಲಿಲ್ಲ. ಬಲಾತ್ಕಾರದ ವಿರುದ್ಧ ಅಣುಗ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಬಂಡೆದ್ದ; ಇದು ವ್ಯಕ್ತವಾದುದು ಅವನ ಅನಾಸಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ. ಒಂಬತ್ತು ವರ್ಷವಾದರು ಅವನು ತಡವರಿಸಿ ತಡವರಿಸಿ ಮಾತಾಡುತ್ತಿದ್ದ; ದೀರ್ಘವಾಗಿ ಆಲೋಚಿಸಿ, ಅಳೆದು ಸುರಿದು ಶೃತಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳದೆ ಅವನು ಮಾತಾಡುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ. ಸುಳ್ಳು ಹೇಳದೆ ಇದ್ದುದರಿಂದ ಅವನ ಸಹಪಾಠಿಗಳು ಅವನನ್ನು "ಬೀಡರ್ ಮ್ಯೆಯರ್" (ಸತ್ಯಹರಿಶ್ಚಂದ್ರ) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಿದ್ದರು.

ಮ್ಯೂನಿಕ್ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ: ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಶಾಲೆಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಲುಇಟ್ ಗಿಮ್ನಾಸಿಯಂ ಸೇರಿದಾಗ ಆಲ್ಬರ್ಟ್‌ನಿಗೆ ಹತ್ತು ವರ್ಷ ಆಗಿತ್ತು. ಹತ್ತರಿಂದ ಹದಿನೆಂಟು ವರ್ಷದ ನಡುವಿನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಬೌದ್ಧಿಕ ಬೆಳವಣಿಗೆ ಆಗುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ ಗಿಮ್ನಾಸಿಯಂ ಅಧಿಕಾರಿಗಳು ಅಂಥ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ಪ್ರೇರಕವಾದ ಪಠ್ಯಕ್ರಮವನ್ನು ಗೊತ್ತು ಮಾಡಿದ್ದರು. ಅವರ ರೀತ್ಯ ವ್ಯಾಕರಣ ಮತ್ತು ಲ್ಯಾಟಿನ್ ಮತ್ತು ಗ್ರೀಕ್ ಭಾಷೆಗಳ ಅಧ್ಯಯನ ಮುಖ್ಯವಾಗಿತ್ತು. ಕಂಠಪಾಠಮಾಡಿ ಒಪ್ಪಿಸುವುದನ್ನು ಅಲ್ಲಿನ ಅಧ್ಯಾಪಕರು ಅಪೇಕ್ಷಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಇದರ ಜೊತೆಗೆ ದಂಡುಕೋಣೆ ಶಿಸ್ತು ಬೇರೆ, ಆಲ್ಬರ್ಟ್‌ನ ಪ್ರಕೃತಿಗೆ ಇದು ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳಲಿಲ್ಲ. ಪ್ರಕೃತಿಯ ರಹಸ್ಯವನ್ನು ಬೆದಕುವ ಆಸೆ ಅವನಿಗೆ. ಮೇಲು ನೋಟಕ್ಕೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಕಾಣುವ ಪ್ರಕೃತಿ ವ್ಯಾಪಾರಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಸಂಬಂಧಿಸಿವೆ ಎಂಬ ಅವನ ಕಲ್ಪನೆ ಆಗಲೆ ಮೊಳೆತಿತ್ತು. ಅವರ ಮನೆಗೆ ಗುರುವಾರದ ಊಟಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತಿದ್ದ ಹುಡುಗ ಜನಸಾಮಾನ್ಯರಿಗಾಗಿ ಆರನ್ ಬರ್ನ್‌ಸ್ಟೀನ್ ಬರೆದಿದ್ದ "ಪ್ರಕೃತಿ ವಿಜ್ಞಾನ" ಎಂಬ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ತಂದುಕೊಟ್ಟ. ಅದನ್ನು ಓದಿದಾಗ ಆಲ್ಬರ್ಟ್‌ನಿಗೆ ಅವನ ಆಲೋಚನೆಗಳಿಗೆ ಒಂದು ನೆಲೆ ಸಿಕ್ಕಿದಂತಾಯಿತು. ಬುಖ್ನರ್ ಬರೆದಿದ್ದ "ಬಲ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯ" ಎಂಬ ಪುಸ್ತಕ ಅವನ ಮೇಲೆ ಗಾಢವಾದ ಪರಿಣಾಮ ಬೀರಿತು. ಅಲ್ಲಿನವರೆಗೆ ಲಭ್ಯವಿದ್ದ ವಿಜ್ಞಾನದ ಅರಿವನ್ನು ಕ್ರೋಢೀಕರಿಸಿ ವಿಶ್ವದ ಒಂದು ತಾತ್ತ್ವಿಕ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಮೂಡಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನ ಆ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ನಡೆದಿತ್ತು.

ಆಲ್ಬರ್ಟ್‌ನಿಗೆ ಹನ್ನೆರಡು ವರ್ಷ ಆಗಿದ್ದಾಗ ಅವನಿಗೆ ಒಂದು ರೇಖಾಗಣಿತದ ಪುಸ್ತಕ ಸಿಕ್ಕಿತು. ಆ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ತರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಮೊದಲೆ ಪರಿಚಯಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವ ಉದ್ದಿಶ್ಯದಿಂದ ಅವನು ಅದನ್ನು ಓದಿದ. ಅಲ್ಲಿ ಅವನು ಕಂಡ ಹೇಳಿಕೆ ಮತ್ತು ಪುರಾವೆ, ಚಿತ್ರಗಳು ಮತ್ತು ವಾದ ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಇದ್ದ ಸಂಬಂಧ, ಒಂದು ಬೌದ್ಧಿಕ ಮತ್ತು ಮಾನಸಿಕ ಕ್ರಮ ಮತ್ತು ಸೌಂದರ್ಯ, ಅಡ್ಡಾದಿಡ್ಡಿಯಾಗಿ ಕಾಣುವ ಜಗತ್ತಿನ ಹಿಂದೆ ಇದೆ ಎಂಬ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಮೂಡಿಸಿತು. ಹದಿನಾಲ್ಕು ವರ್ಷ ಆಗುವಲ್ಲಿ ಅವನಿಗೆ, ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಜಾಮಿತಿಯ ಅಧ್ಯಯನದಿಂದ ಮತೀಯ ಸಂಪ್ರದಾಯಗಳು ಮತ್ತು ನಂಬಿಕೆಗಳು ಅರ್ಥಹೀನವಾಗಿ ಕಂಡವು.

ಆಲ್ಬರ್ಟ್‌ನಿಗೆ ಹದಿನೈದು ವರ್ಷ ಆಗಿದ್ದಾಗ ಅವನ ತಂದೆಯ ಉದ್ಯೋಗದಲ್ಲಿ ಮುಗ್ಗಟ್ಟುಂಟಾಯಿತು. ಆದುದರಿಂದ ಅವನ ತಂದೆ, ತಾಯಿ, ತಂಗಿ, ಚಿಕ್ಕಪ್ಪ ಇಟಲಿಯ ಮಿಲಾನ್ ನಗರಕ್ಕೆ ಹೋದರು. ಅವನು ಮ್ಯೂನಿಕ್ಕಿನಲ್ಲೆ ಉಳಿದು ವ್ಯಾಸಂಗ ಮುಂದುವರಿಸಬೇಕಾಯಿತು. ದಂಡುಕೋಣೆಯ ಉಸಿರು ಕಟ್ಟಿಸುವ ವಾತಾವರಣ (Zwang) ಅವನಿಗೆ ಮತ್ತಷ್ಟು ಅಸಹನೀಯವಾಗಿ ಕಾಣಿಸಿತು. ಗಣಿತದಲ್ಲಿ ಅವನು ಹೆಚ್ಚು ಅಂಕಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದರು, ಭಾಷೆ ಮತ್ತು ವ್ಯಾಕರಣವನ್ನು ಅವನು ಬಿಡುವಂತಿರಲಿಲ್ಲ. ತರಗತಿಗಳಲ್ಲಿ ಅವನು ನಿರಾಸಕ್ತನಾಗಿ ಕೂರುತ್ತಿದ್ದ; ಉಪಾಧ್ಯಾಯರ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಉತ್ತರ ಕೊಡುವಾಗಲು ಅವನ ಅಸಡ್ಡೆ ಎದ್ದು ಕಾಣುತ್ತಿತ್ತು. ಇದರಿಂದ ಅವನ ಸಹಪಾಠಿಗಳ ಮೇಲೆ ಕೆಟ್ಟ ಪರಿಣಾಮ ಆಗುತ್ತದೆಂದು ಉಪಾಧ್ಯಾಯರು ಅವನು ಗಿಮ್ನಾಸಿಯಂ ಬಿಡುವುದು ಒಳ್ಳೆಯದೆಂದು ಸಲಹೆ ಮಾಡಿದರು. ಗಣಿತದಲ್ಲಿ ಅವನಿಗಿದ್ದ ಪರಿಣತಿಯಿಂದ ಹೊರದೇಶದಲ್ಲಿ ತಾಂತ್ರಿಕ ಶಾಲೆಗೆ ಪ್ರವೇಶ ದೊರಕಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಸುಲಭ ಎಂದು ಅವನು ಬಗೆದಿದ್ದ. ಆದುದರಿಂದ ಅವನು ಪರೀಕ್ಷೆ ಮುಗಿಯುವುಕ್ಕೆ ಆರು ತಿಂಗಳು ಮುಂಚಿತವಾಗಿ ಮ್ಯೂನಿಕ್ ನಗರವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಮಿಲಾನ್ ನಗರವನ್ನು ಸೇರಿದ. ಅಲ್ಲಿ ಅವನು ಯಹೂದಿ ಮತವನ್ನೂ, ಜರ್ಮನಿ ಪೌರತ್ವವನ್ನೂ ತೊರೆದುಬಿಟ್ಟ.

ಮಿಲಾನ್ ನಗರದಲ್ಲಿ ಆಲ್ಬರ್ಟ್‌ನು ಕಳೆದ ದಿನಗಳು ತುಂಬ ಸಂತೋಷದಾಯಕವಾಗಿದ್ದವು. ಇಟಲಿ ದೇಶ ಕಲೆಗಳ ತೌರೂರು, ಸಂಗೀತದ ಗಣಿ. ಅವನು ಆ ದೇಶದಲ್ಲಿ ಸ್ವೇಚ್ಛೆಯಾಗಿ ಅಲೆದ. ಅಲ್ಲಿನ ಜನರ ಸರಳ ಹಾಗು ಸ್ವಚ್ಛಂದ ಬದುಕು ಅವನನ್ನು ಸೆರೆಹಿಡಿಯಿತು; ಜರ್ಮನಿಯ ಉಸಿರು ಕಟ್ಟಿಸುವ ನಿರ್ಬಂಧ ಅಲ್ಲಿರಲಿಲ್ಲ.

ಜ್ಯೂರಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ: ಹಾಯಾಗಿ ಇಟಲಿಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚುಕಾಲ ಉಳಿಯುವ ಅನುಕೂಲ ಆಲ್ಬರ್ಟ್‌ನಿಗೆ ಇರಲಿಲ್ಲ. ಅವನ ತಂದೆಯ ದಂಧೆ ಮತ್ತೆ ಕೆಟ್ಟಿತು. ಅವನು ಒಂದು ಉದ್ಯೋಗ ಸಂಪಾದಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ವಿದ್ಯೆ ಕಲಿಯುವುದು ತೀರ ಅವಶ್ಯವಾಯಿತು. ಇಂಜಿನಿಯರ್ ಆಗಬೇಕೆಂದು ಅವನು ಆಸೆಪಟ್ಟ. ಆಗ ಜರ್ಮನಿಯ ಹೊರಗೆ, ಮಧ್ಯ ಯೂರೋಪಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾಗಿದ್ದ, ತಾಂತ್ರಿಕಶಾಲೆ ಇದ್ದುದು ಜ್ಯೂರಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ. ಅಲ್ಲಿ

ಪ್ರವೇಶ ದೊರಕಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಬರೆದ ಪ್ರವೇಶ ಪರೀಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಆಲ್ಬಟ್ ಅನುತ್ತೀರ್ಣನಾದ. ಗಣಿತ ಮತ್ತು ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಗಳಲ್ಲಿ ಅವನು ಉತ್ತಮ ಅಂಕಗಳನ್ನು ಪಡೆದರು ಜೀವ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಸಸ್ಯವಿಜ್ಞಾನಗಳಲ್ಲಿ ತೇರ್ಗಡೆ ಹೊಂದಲಿಲ್ಲ. ಅವನಿಗೆ ದಾರಿಕಾಣದೆ ಹೋಯಿತು. ಆದರೆ ಜ್ಯೂರಿಕ್ ತಾಂತ್ರಿಕ ಶಾಲೆಯ ಡೈರೆಕ್ಟರ್ ಅವರು ಅವನಿಗೆ ಗಣಿತ ದಲ್ಲಿದ್ದ ಪರಿಣತಿಯನ್ನು ಕಂಡು ಮೆಚ್ಚಿದ್ದರು. ಅವರು ಆರೌ ಎಂಬ ಪಟ್ಟಣದಲ್ಲಿದ್ದ ಲಕ್ಸರಿ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಓದಿ ಅಪೇಕ್ಷಿತ ಡಿಪ್ಲಮೊ ಪಡೆಯುವಂತೆ ಅವನಿಗೆ ಬುದ್ಧಿ ಹೇಳಿದರು.

ಆರೌ ಲಕ್ಸರಿ ಶಾಲೆಯನ್ನು ಸೇರಿ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಓದು ಮುಂದುವರಿಸಿದ. ದಂಡು ಕೋಣೆಯ ನಿರ್ಬಂಧ ಅಲ್ಲಿರಲಿಲ್ಲ. ಉಪಾಧ್ಯಾಯರು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಕಲೆತು ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಚರ್ಚಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ಆಲೋಚಿಸಲು ಆಲ್ಬರ್ಟ್‌ನಿಗೆ ಅಲ್ಲಿ ಅವಕಾಶ ಸಿಕ್ಕಿತು, ಒಂದು ವರ್ಷ ಕಳೆಯಿತು. ಅವನು ಪರೀಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ತೀರ್ಣನಾದ. ಇದರಿಂದ ಅವನಿಗೆ ಜ್ಯೂರಿಕ್ ತಾಂತ್ರಿಕ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರವೇಶ ದೊರೆಯಿತು. ಆದರೆ ಈ ಮಧ್ಯೆ ಅವನು ಇಂಜಿನಿಯರ್ ಆಗುವ ಆಸೆಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಕಲಿಯುವ ನಿರ್ಧಾರ ಕೈಗೊಂಡಿದ್ದ; ಅದು ಅವನ ಆಲೋಚನಾ ಪ್ರಕೃತಿಗೆ ಒಗ್ಗಿ ಬಂದಿತ್ತು.

ಜ್ಯೂರಿಕ್ ತಾಂತ್ರಿಕ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಬೋಧಿಸುತ್ತಿದ್ದ ರೀತಿ ಹೇಳಿಕೊಳ್ಳುವಂಥದೇನು ಆಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಆದರು ಅವನು ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ವ್ಯಾಸಂಗ ಮಾಡಲು ಅಲ್ಲಿ ಸರಿಯಾದ ಪರಿಸರ ದೊರೆಯಿತು. ಹೆಲ್ಮ್‌ಹೋಲ್ಟ್ಸ್, ಕಿರ್‌ಷಾಫ್, ಬೋಲ್ಟ್ಸ್‌ಮನ್, ವ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಮತ್ತು ಹರ್ಟ್ಸ್ ಅವರ ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಕೃತಿಗಳನ್ನು ಅವನು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಿದ; ಹಗಲು ರಾತ್ರಿ ಅವನು ಈ ಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ಮುಳುಗಿ ಹೋದ. ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ರಚನೆಯನ್ನು ಗಣಿತದ ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ನಿರ್ಮಿಸುವ ಕಲೆ ಅವನಿಗೆ ಗೋಚರಿಸಿದ್ದು ಈ ಕೃತಿಗಳಲ್ಲಿ.

ಗಣಿತದ ಬೋಧನೆ ಅಲ್ಲಿ ಮೇಲು ಮಟ್ಟದ್ದಾಗಿತ್ತು. ರಷ್ಯ ಸಂಜಾತ ಹರ್ಮನ್ ಮಿಂಕೊವ್‌ಸ್ಕಿ ಅಲ್ಲಿ ಗಣಿತದ ಅಧ್ಯಾಪಕರಾಗಿದ್ದರು. ಆದರೆ ಅವರ ಉಪನ್ಯಾಸಗಳು ನೀರಸವಾಗಿದ್ದವು. ಇದರಿಂದ ಆಲ್ಬರ್ಟ್‌ನಿಗೆ ಶುದ್ಧ ಗಣಿತದಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತಿ ಕಡಿಮೆ ಯಾಯಿತು; ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ಅಷ್ಟು ಕ್ಲಿಷ್ಟವಾದ ಗಣಿತ ಬೇಕಿಲ್ಲ ಎಂದುಕೊಂಡ ಅವನು. ಮಿಂಕೊವ್‌ಸ್ಕಿ ಕೂಡ ಈ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯಲ್ಲಿ ಅಂಥ ಪ್ರತಿಭೆಯನ್ನೇನು ಗುರುತಿಸಲಿಲ್ಲ; ಅವನನ್ನು "ಸೋಮಾರಿಶುನಕ", ಎಂದು ಅವರು ಕರೆಯುತ್ತಿದ್ದರು.

1900 ರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಮೊದಲ ಪದವಿ ಸಂಪಾದಿಸಿಕೊಂಡರು. ಜ್ಯೂರಿಕ್ಕಿನ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರು ಅವರಿಗೆ ಒಳ್ಳೆಯ ಪರಿಚಯ ಪತ್ರಗಳನ್ನು ಬರೆದು ಕೊಟ್ಟರಾಗಲಿ ಅಲ್ಲಿ ಅವರಿಗೆ ಕೆಲಸ ದೊರಕಿಸಿಕೊಡಲಿಲ್ಲ. ಪದವೀಧರರಾಗಿದ್ದೂ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ನಿರುದ್ಯೋಗಿಯಾಗಿದ್ದರು.

1901ರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೆ 21 ವರ್ಷ ತುಂಬಿತ್ತು; ಅವರು ಸ್ವಿಸ್ ಪ್ರಜೆಯಾದರು. ಕೆಲಸಕ್ಕಾಗಿ ಅಲೆದರು. ಷಾಪ್‌ಹೌಸೆನ್ ಎಂಬಲ್ಲಿ ಒಬ್ಬ ಉಪಾಧ್ಯಾಯ ಇಟ್ಟಿದ್ದ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಅವರಿಗೆ ಕೆಲಸ ಸಿಕ್ಕಿತು. ಅಲ್ಲಿ ಅವರ ತರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಇಬ್ಬರು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿದ್ದರು. ಅವರು ಆ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಹೊಸ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಪಾಠ ಹೇಳಿಕೊಟ್ಟರು; ತಾವೆ ಎಲ್ಲ ಕಲಿಸುವ ಆಸೆ ಅವರಿಗೆ. ಇದರಿಂದ ಶಾಲೆಯ ಶಿಸ್ತಿಗೆ ಭಂಗವುಂಟಾಯಿತೆಂದು ಅದನ್ನು ಇಟ್ಟಿದ್ದ ಉಪಾಧ್ಯಾಯ ಅವರನ್ನು ಕೆಲಸದಿಂದ ತೆಗೆದು ಬಿಟ್ಟ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಮತ್ತೆ ನಿರುದ್ಯೋಗಿಯಾದರು. ಈ ಕತ್ತಲು ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಅವರಿಗೆ ಬೆಳಕುಕಂಡದ್ದು ಜ್ಯೂರಿಕ್ ತಾಂತ್ರಿಕ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಸಹಪಾಠಿಯಾಗಿದ್ದ ಮಾರ್ಸೆಲ್ ಗ್ರಾಸ್‌ಮನ್ ಅವರ ನೆರವಿಂದ. ಗ್ರಾಸ್‌ಮನ್ ಅವರು ಬರ್ನ್ ನಗರದಲ್ಲಿದ್ದ ಏಕಸ್ವಕಚೇರಿಯ ಡೈರೆಕ್ಟರ್ ಆಗಿದ್ದ ಹಾಲರ್ ಅವರಿಗೆ ಶಿಫಾರಸು ಮಾಡಿ 1902ರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೆ ಏಕಸ್ವ (Patent) ಪರೀಕ್ಷಕನ ಕೆಲಸ ಕೊಡಿಸಿದರು. ವರ್ಷಕ್ಕೆ ಮೂರು ಸಾವಿರ ಫ್ರಾಂಕ್ ಪಗಾರವಿದ್ದ ನೌಕರಿ ಅದು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೆ ಬೇಕಾದಷ್ಟು ಬಿಡುವಿನ ಕಾಲಸಿಕ್ಕಿತು.

ಬರ್ನ್ ನಗರದಲ್ಲಿ : ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಜ್ಯೂರಿಕ್ ತಾಂತ್ರಿಕ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಸಹಪಾಠಿಯಾಗಿದ್ದ ಹಂಗೇರಿ ದೇಶದ ಮಿಲೇವ ಮಾರಿಕ್ ಎಂಬ ತರುಣಿಯನ್ನು 1903ರಲ್ಲಿ ಮದುವೆಯಾದರು, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಆಕೆಗಿದ್ದ ಆಸಕ್ತಿಯೆ ಈ ಮದುವೆಗೆ ಕಾರಣ. • ಸ್ವಭಾವತಃ ಮಾರಿಕ್ ಜನರನ್ನು ಬೆರೆಯುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ, ಅವಳು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗಿಂತ ನಾಲ್ಕು ವರ್ಷ ಹಿರಿಯಳಾಗಿದ್ದಳು. ಸುಖಕರ ವೈವಾಹಿಕ ಜೀವನಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಸಂವೇದನಾ ಶೀಲ ಅವಳಲ್ಲಿ ಇರಲಿಲ್ಲ. ಅವರಿಗೆ ಒಂದರ ಹಿಂದೆ ಇನ್ನೊಂದು ಬೇಗ ಇಬ್ಬರು ಗಂಡು ಮಕ್ಕಳಾದರು, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಆ ಮಕ್ಕಳ ಮನಸ್ಸನ್ನು ತಿದ್ದುವುದರಲ್ಲಿ ಸಂತೋಷ ಕಂಡುಕೊಂಡರು; ಹೆಂಡತಿಯ ಜೊತೆ ಅವರ ಸಂಬಂಧ ಪ್ರಿಯವಾದುದಾಗಲಿಲ್ಲ.

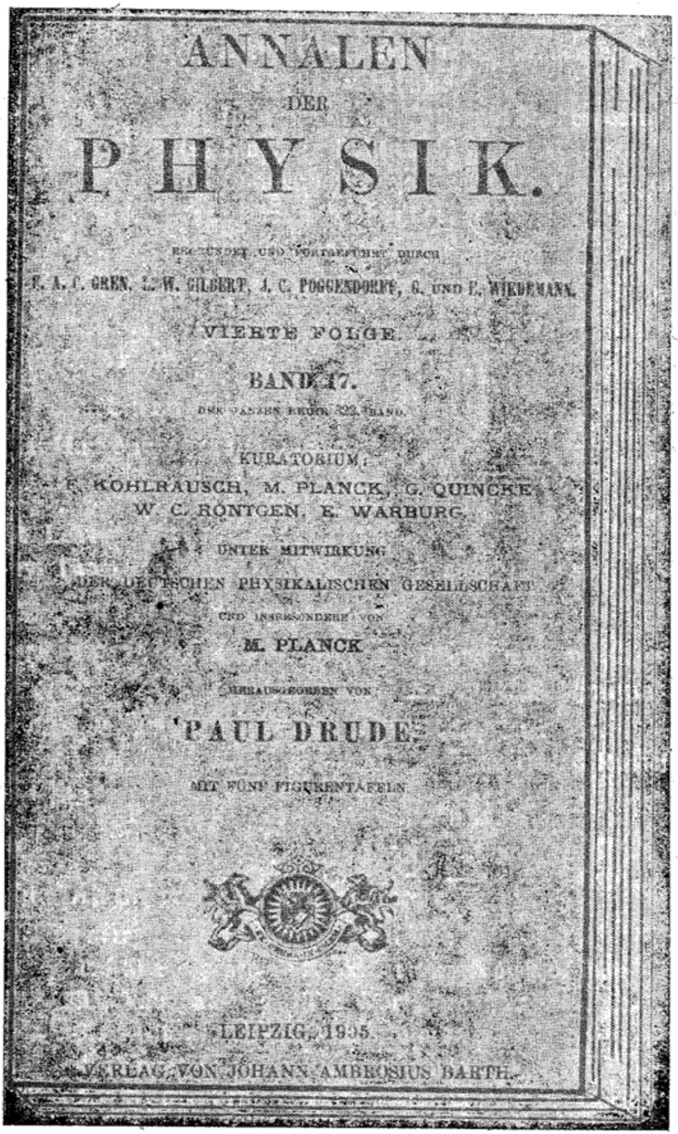
ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಬೆಳವಣಿಗೆ ಒಂದು ಘಟ್ಟವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿತ್ತು; ಅಭಿಜಾತ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ಹೊಸ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ಅರ್ಥೈಸಲಾರದೆ ಕುಸಿದುಬಿದ್ದಿದ್ದವು. ಬಲ ವಿಜ್ಞಾನ, ಉಷ್ಣಬಲ ವಿಜ್ಞಾನ, ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಎಲ್ಲ ಒಂದು ಮಿತಿಗೆ ಒಳಪಡುವಂತೆ ಕಾಣುತ್ತಿದ್ದವು. ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ಪ್ಲಾಂಕ್ ಅವರ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಹೊಸ ನೆಲವನ್ನು ಗುರುತಿಸಿದ್ದರೂ ಅದು ಮುಂದೆ ಯಾವ ಬೆಳವಣಿಗೆಯನ್ನೂ ಸಾಧಿಸಿರಲಿಲ್ಲ. ಅದು ಅಭಿಜಾತ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳಿಗೆ ತೀರ ಭಿನ್ನವಾಗಿದ್ದು ಅನುಮಾನಗಳ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಎಳಿಸಿತ್ತು. ಸ್ವತಃ ಪ್ಲಾಂಕ್ ಅವರೆ ಅದನ್ನು ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಒಪ್ಪಿಕೊಳ್ಳುವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರಲಿಲ್ಲ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಅಂದಿನ ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ಮತ್ತು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಗೊಂದಲಗಳಿಗೆ ಪರಿಹಾರ ಸೂಚಿಸಿ ಆಧುನಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಸೃಷ್ಟಿಕರ್ತರಾದರು.



ಮೊದಲನೆ ಹೆಂಡತಿ ಮಾರಿಕ್ ಮತ್ತು ಮಗು ಜೊತೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್

1905ರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಅನಲನ್‌ಡರ್ ಫಿಸಿಕ್ [Vol. 17 (4th series)] ಪತ್ರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಮೂರು ಲೇಖನಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದರು. ಮೊದಲನೆಯ ಲೇಖನ ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದ್ದು, ಎರಡನೆಯದು ಬ್ರೌನಿಯನ್ ಚಲನೆಯನ್ನು ಕುರಿತದ್ದು, ಮೂರನೆಯದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧ ಪಟ್ಟದು. ಮೊದಲಿಗೆ ಇವುಗಳ ಬಗ್ಗೆ ವಿವೇಚಿಸೋಣ.

1. ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆ : ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದವರು ಹೆನ್ರಿಕ್ ಹರ್ಟ್ಸ್ (1887). ಅವರು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ



ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ 1905ರ ಮೂರು ಜನ್ಯಲೇಖನಗಳು ಪ್ರಕಟವಾದ
ಅನಲನ್ ಡರ್ ಫಿಸಿಕ್ ಪತ್ರಿಕೆಯ ಮುಖಪುಟ

ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ತೋರಿಸುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಅತಿ ಊದಾ ಬಣ್ಣದ ಬೆಳಕು ಬಿದ್ದಾಗ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಿಡಿ ಚಿಕ್ಕ ತೆರಪನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಹಾಯುವುದನ್ನು ಅವರು ಗಮನಿಸಿದರು. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ಋಣಧ್ರುವದ ಮೇಲೆ ಬೆಳಕು ಬಿದ್ದಾಗ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳು ಬಿಡುಗಡೆ ಆಗುವುದು ಎಂದು ಹಾಲ್ ವಾಕ್ಸ್ (1888) ತೋರಿಸಿದ. ಬಿಡುಗಡೆ ಆಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಎಂದು ಸಾದರ ಪಡಿಸಿದವರು ಲೆನಾರ್ಡ್ ಮತ್ತು ಥಾಂಸನ್ (1899).

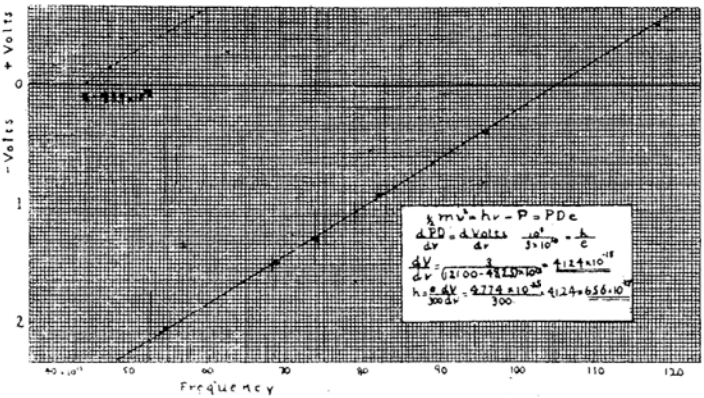
ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಅವರ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೇರೆಗೆ ಬೆಳಕು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳು ಎಂಬ ತಿಳಿವು ಮೂಡಿತ್ತು. ಇದಕ್ಕೆ ವ್ಯತಿಕರಣ, ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ, ಧ್ರುವೀಕರಣ ಮುಂತಾದ ಬೆಳಕಿನ ಗುಣಗಳು ಹಿಂಬುಗೊಟ್ಟಿದ್ದವು. ಬೆಳಕು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳಾದರೆ ಅದು ಹೊತ್ತುತರುವ ಶಕ್ತಿ ಅದರ ಪ್ರಖರತೆಗೆ (intensity) ಅನುಸಾರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಕಲ್ಪನೆಯಂತೆ ಬೆಳಕು ಒಂದು ತಟ್ಟೆಯ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದಾಗ ಹೊರಬರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಶಕ್ತಿ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಖರತೆಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಆಗಬೇಕು. ಲೆನಾರ್ಡ್ ಅವರು ನಡೆಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಇದಕ್ಕೆ ವ್ಯತಿರಿಕ್ತವಾದ ಫಲಗಳನ್ನು ತಂದುಕೊಟ್ಟವು. ಬಿಡುಗಡೆ ಯಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಪತನ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಖರತೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿದ್ದರು, ಅವುಗಳ ಚಲನ ಶಕ್ತಿ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿಯು, ಅದು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದರೆ ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯು ಇರುವುದು ಗೋಚರಿಸಿತು. ಇದು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್ ವೆಲ್ ಅವರ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ವಿರೋಧವಾಗಿತ್ತು (1902).

ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ಪ್ಲಾಂಕ್ (1900) ವಿಕಿರಣದ (radiation) ವಿಸರ್ಜನೆ ಮತ್ತು ಹೀರಿಕೆ ನಿಯಮಿತ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿ ಕಟ್ಟುಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆಯುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಸಿದ್ದರು. ವಿಕಿರಣ ಪ್ರಸಾರದ ಬಗ್ಗೆ ಅವರು ಏನನ್ನೂ ಹೇಳಿರಲಿಲ್ಲ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ವಿಸರ್ಜನೆ ಮತ್ತು ಹೀರಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣ ಶಕ್ತಿ ಕಟ್ಟುಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಪಾಲುಗೊಳ್ಳು ವಂತೆ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಾಗಲು ಶಕ್ತಿ ಕಟ್ಟುಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಪ್ರತಿಪಾದಿ ಸಿದರು. ಈ ಶಕ್ತಿ ಕಟ್ಟುಗಳಿಗೆ, ಅಂದರೆ ಬೆಳಕಿನ ಕ್ವಾಂಟಗಳಿಗೆ, ಫೋಟಾನುಗಳು ಎಂದು ಹೆಸರು. ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿ ಅದರ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ (frequency) ಅನುಪಾತವಾಗಿರುತ್ತದೆ: $E=h\nu$. ಇಲ್ಲಿ E ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿ, ν ಅದರ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ ಮತ್ತು h ಪ್ಲಾಂಕನ ನಿಯತಾಂಕ. ಬಂಧಿತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೊಂದು ಪತನ ಫೋಟಾನನ್ನು ಹೀರಿಕೊಂಡು ಹೊರಬರಬಹುದು. ಇಲ್ಲಿ ಇನ್ನೊಂದು ವಿಚಾರವನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಡಬೇಕು. ಲೋಹದಿಂದ ಬಿಡುಗಡೆ ಹೊಂದಿ ಹೊರಕ್ಕೆ ಬರಲು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಸ್ವಲ್ಪ ಕೆಲಸ ಮಾಡಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಕ್ರಿಯಾವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿ (work function) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಬೆಳಕಿನ ಫೋಟಾನ್ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ, ಬಿಡುಗಡೆಯಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಚಲನ ಶಕ್ತಿ (T_e), ಪತನ

ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿ (hv) ಮತ್ತು ಕ್ರಿಯಾ ವ್ಯತ್ಪತ್ತಿ (ϕ) ಇವುಗಳಿಗಿರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು

$$T_e = hv - \phi \quad \cdots\cdots (1)$$

ಎಂದು ಗಣಿತ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬರೆದರು. ಈ ಸಮೀಕರಣ ಲೆನಾರ್ಡ್ ಅವರ ಎಲ್ಲ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನೂ ಪರಿಮಾಣ ಪೂರ್ವಕವಾಗಿ ವಿವರಿಸುತ್ತದೆ. ಮುಂದೆ ಮಿಲಿಕನ್ ಅವರು ನಡೆಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಈ ಸಮೀಕರಣದ ಯಥಾರ್ಥತೆಯನ್ನು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಿದವು (ಚಿತ್ರ. 1).



ಚಿತ್ರ 1. ರಾಬರ್ಟ್ ಎ. ಮಿಲಿಕನ್ ಅವರ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಪಡೆದ ಫಲದ ವಿವರ

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೆ ಕ್ವಾಂಟಂ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯಲ್ಲಿ ವಿಶ್ವಾಸ ಇರಲಿಲ್ಲ. ಆದುದರಿಂದ ಅವರು ಒದಗಿಸಿದ ವಿವರಣೆ ಕೇವಲ ತಾತ್ಕಾಲಿಕವಾದುದೆಂದು ಅವರು ನಂಬಿದ್ದರು. ಇಷ್ಟಾದರು 1905ರ ತಮ್ಮ ಮೂರು ಸಂಶೋಧನ ಲೇಖನಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಒಬ್ಬ ಸ್ನೇಹಿತನಿಗೆ ಬರೆದಾಗ ಅವರು ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಕುರಿತಾದ ಲೇಖನವನ್ನೇ ಅತಿ ಮಹತ್ವ ವಾದುದೆಂದು ತಿಳಿಸಿದ್ದರು. 1921ರಲ್ಲಿ ಅವರಿಗೆ ನೋಬಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕ ದೊರೆತದ್ದು ಈ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಅವರು ನೀಡಿದ ವಿವರಣೆಗಾಗಿಯೆ.

ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆ–ಕಣ ಉಭಯತ್ವ ಗುಣವನ್ನು ಎತ್ತಿ ತೋರಿಸಿತು. ಇದರಿಂದ ಪ್ರಭಾವಿತರಾದ ಲೂಯಿ ಡಿ ಬ್ರಾಯಿ ಅವರು ದ್ರವ್ಯಕಣಗಳಿಗು ಈ ಉಭಯತ್ವ ಗುಣವನ್ನು ಆರೋಪಿಸಿ ಅಲೆಬಲ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಅಡಿಪಾಯ ಹಾಕಿದರು.

ಬ್ರೌನಿಯನ್ ಚಲನೆ: ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಕದಡಿದ ಪುಷ್ಪಪರಾಗ ರೇಣುಗಳು ಅಡ್ಡಾ

ದಿಡ್ಡಿಯಾಗಿ ಹರಿದಾಡುವುದನ್ನು ಬ್ರೌನ್ ಎಂಬ ಸ್ಕಾಂಟ್ಲೆಂಡಿನ ಸಸ್ಯ ವಿಜ್ಞಾನಿ ನೋಡಿ ಅದನ್ನು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಗಮನಕ್ಕೆ ತಂದಿದ್ದ. ಸ್ವೆಡ್‌ಬರ್ಗ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಪರಾಗ ರೇಣಗಳು ಹರಿದಾಡುವುದಕ್ಕೆ, ಬ್ರೌನಿಯನ್ ಚಲನೆಗೆ, ನೀರಿನ ಅಣುಗಳು ಅವುಗಳಿಗೆ ಡಿಕ್ಕಿಹೊಡೆಯುವುದೆ ಕಾರಣ ಎಂದು ತಿಳಿಸಿದ. ಅವನು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಮತ್ತು ಬೋಲ್ಟ್ಸ್‌ಮನ್ ಅವರು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ್ದ ಕಣಚಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ತನ್ನ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ಬಳಸಿಕೊಂಡಿದ್ದರೂ ಗಣಿತೀಯ ಸಮೀಕರಣವನ್ನೇನು ಪಡೆಯಲಿಲ್ಲ. ಆ ಕೆಲಸ ಮಾಡಿದವರು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್.

ದ್ರವ್ಯದಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳು ಅಡ್ಡಾದಿಡ್ಡಿಯಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ದ್ರವ್ಯದ ತಾಪ ಹೆಚ್ಚಾದಂತೆ ಅಣುಗಳ ಚಲನಶಕ್ತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಎಲ್ಲ ಅಣುಗಳ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯು ಒಂದೇ ಆಗಿರದೆ ಅದು ಒಂದು ಹಂಚಿಕೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಒಂದು ದಿಕ್ಕಿನ ಚಲನೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಗಮನಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಸರಾಸರಿ ಚಲನಶಕ್ತಿ $\frac{1}{2}kT$ ಎಂದು ತೋರಿಸಬಹುದು. ಇಲ್ಲಿ k ಬೋಲ್ಟ್ಸ್‌ಮನ್ ನಿಯತಾಂಕ ಮತ್ತು T ದ್ರವ್ಯದ ನಿರುಪಾಧಿಕ ತಾಪ. ಇದನ್ನು ಸಮವಿಭಾಗಶಕ್ತಿ (equipartition energy) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಹರಿದಾಡುವ ಪರಾಗ ರೇಣುಗಳು ಸ್ವಲ್ಪ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಅಣುಗಳೊಂದಿಗೆ ಉಷ್ಣೀಸಮಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬರುತ್ತವೆ. ಆಗ ಒಂದು ಪರಾಗರೇಣುವಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಸಮವಿಭಾಗಶಕ್ತಿ $\frac{1}{2}kT$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಪರಾಗರೇಣುವಿನ ವೇಗವನ್ನು ಗುಣಿಸದೆ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಕಾಲದಲ್ಲಿ (τ) ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ($\times$) ಒಂದು ಪರಾಗರೇಣು ಅನುಭವಿಸುವ ಸರಾಸರಿ ಪಲ್ಲಟದ ವರ್ಗವನ್ನು $<\delta x^2>$ ಗುಣಿಸಿ ಗೋಳಾಕಾರದ, a ತ್ರಿಜ್ಯವುಳ್ಳ, ಕಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ

$$<\delta x^2> \;=\; \frac{kT}{3\pi\eta a}\,\tau \qquad \dots \quad (2)$$

ಎಂದು ತೋರಿಸಿದರು. ಇಲ್ಲಿ η ನೀರಿನ ಶ್ಯಾನತ್ವ. ಸಮೀಕರಣ (2) ಯಾವುದೆ ದ್ರವವಾಗಿರಲಿ, ಅದರಲ್ಲಿ ಹರಿದಾಡುವ ಯಾವುದೆ ಕಣವಾಗಲಿ ಅದಕ್ಕೆಲ್ಲ ಸರಿಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಅಣುಗಳ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಲೆಕ್ಕಹಾಕುವುದು ಸುಲಭವಾಯಿತು. ಜೀನ್‌ಪೆರಿನ್ ಎಂಬಾತ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಮೀಕರಣ (2)ರ ಯಥಾರ್ಥತೆಯನ್ನು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಿದ. ಅಣುಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವ ಬರಿ ಕಲ್ಪನೆ ಆಗಿರದೆ ಅದು ನಿಜ ಎಂಬ ನಂಬಿಕೆ ಬಂದುದು ಪೆರಿನ್ ಅವರ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ.

1905ರಲ್ಲಿ ಜ್ಯೂರಿಕ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದಿಂದ "ಅಣು ಆಯಾಮಗಳ ಒಂದು ಹೊಸ ನಿರ್ಧಾರ" ಎಂಬ ಪ್ರಬಂಧಕ್ಕೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಡಾಕ್ಟರೇಟ್ ಪದವಿಯನ್ನು ಪಡೆದರು. ಈ ಕೆಲಸ ಬ್ರೌನಿಯನ್ ಚಲನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಿದ್ದು.

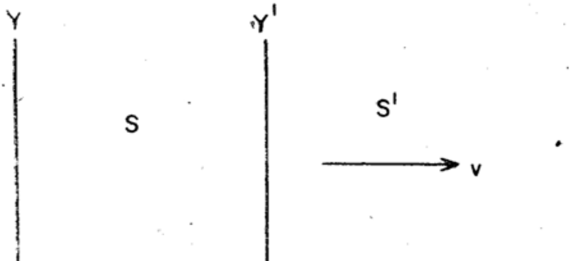
ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತ : ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿರುವ ವೀಕ್ಷಕರು ವಿವರಿಸುವ ಭೌತ ಘಟನೆಗಳ ನಡುವಿನ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತಿಳಿಸುವ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ಶಾಖೆ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತ. ಇಲ್ಲಿ ಎರಡು ಬಗೆಯ ವಿವರಣೆಗಳನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು: ಇಬ್ಬರು ವೀಕ್ಷಕರು ಒಂದು ಸರಳರೇಖೆಯ ನೇರದಲ್ಲಿ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಒಂದು ಸ್ಥಿರವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವಾಗಿನ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗೆ ಮೀಸಲಾದುದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತ; ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟುದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತ.



ಇಪ್ಪತ್ತಾರು ವರ್ಷದ ತರುಣ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್

ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತದ ಸ್ಥೂಲ ಪರಿಚಯಕ್ಕಾಗಿ ನಾವು ಒಂದು ವಿಮಾನದಲ್ಲಿ ಹಾರುತ್ತಿರುವ ಪ್ರಯಾಣಿಕನ ಅನುಭವವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ವಿಮಾನ ಒಂದೇ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ ಒಳಗಿರುವ ಪ್ರಯಾಣಿಕನಿಗೆ ತಾನು ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದೇನೆ ಎಂಬ ಅರಿವೆ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ; ಕಿಟಕಿಯಿಂದ ಹೊರಗೆ ನೋಡಿದಾಗ ಮಾತ್ರ ಅವನಿಗೆ ತಾನು ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದೇನೆ ಎಂಬ ಅರಿವಾಗುವುದು. ರೈಲಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಯಾಣ ಮಾಡುವಾಗಲು ಇಂಥದೆ ಅನುಭವ ನಮಗಾಗುತ್ತದೆ. ಪಕ್ಕದ ಹಳಿಯ ಮೇಲೆ ನಿಂತಿದ್ದ ರೈಲು ಚಲಿಸಲು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದರೆ ನಾವು ಕುಳಿತಿರುವ ರೈಲೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರಬಹುದೇನೊ ಅನ್ನಿಸುತ್ತದೆ. ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ರೈಲಿನಲ್ಲಿ ಕುಳಿತಿರುವ ಪ್ರಯಾಣಿಕನಿಗೂ ಇಂಥದೆ ಅನುಭವ ಆಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಕಾಯ ಚಲಿಸುತ್ತಿದೆ ಅಥವ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿದೆ ಎಂದು ಹೇಳಲು ಮತ್ತೊಂದು ಕಾಯದ ಸಂಬಂಧ ಅವಶ್ಯಕವಾಗಿ ಬೇಕು. ಒಂದು ಕಾಯಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಇನ್ನೊಂದು ಕಾಯ ಚಲಿಸುತ್ತಿದೆ ಅನ್ನಬಹುದು ಇಲ್ಲವೆ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿದೆ ಅನ್ನಬಹುದು. ನಿರುಪಾಧಿಕ ಚಲನೆಯನ್ನು ಗ್ರಹಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ.

ಒಂದು ಕಾಯದ ಚಲನೆಯನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಒಂದು ಪರಾಮರ್ಶ ಚೌಕಟ್ಟನ್ನು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ರೂಢಿ. ಕಾಯದ ಸ್ಥಾನ ಸೂಚಕಗಳು (Position coordinates) ಕಾಲದೊಂದಿಗೆ ಬದಲಾಗುತ್ತಿದ್ದರೆ ಅದು ಆ ಚೌಕಟ್ಟಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿದೆ ಅನ್ನುತ್ತೇವೆ. ಆ ಕಾಯದೊಂದಿಗೆ ಬಂಧಿಯಾದ ಚೌಕಟ್ಟಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಅದು ಚಲಿಸುತ್ತಿಲ್ಲ. ಅದರ ಚಲನೆಯನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಸ್ಥಾನ ಸೂಚಕಗಳಿಂದಲು ವಿವರಿಸಬಹುದು. ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ x–ಅಕ್ಷದ ನೇರದಲ್ಲಿ v ವೇಗದಿಂದ ಒಂದಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಇನ್ನೊಂದು ಚೌಕಟ್ಟು ಚಲಿಸುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸುತ್ತೇವೆ. ಇವು S ಮತ್ತು S' ಚೌಕಟ್ಟುಗಳಾಗಿರಲಿ (ಚಿತ್ರ. 2). x–ನೇರದಲ್ಲಿ S' ಚೌಕಟ್ಟು S ಚೌಕಟ್ಟಿನಿಂದ



ಚಿತ್ರ 2. x–ನೇರದಲ್ಲಿ 5 ಚೌಕಟ್ಟು S ಚೌಕಟ್ಟಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ v–ವೇಗದಲ್ಲಿ ಬಲಿಸುತ್ತಿರುವುದರ ನಿರೂಪಣೆ

ಮುಂದಿನ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ v ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸಲಿ. ಆಗ ಒಂದು ಕಾಯ ಈ ಎರಡು ಚೌಕಟ್ಟುಗಳಲ್ಲಿ ಹೊಂದಿರುವ ಸ್ಥಾನ ಸೂಚಕಗಳಿಗಿರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು

$$\begin{aligned} x' &= x - vt \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= t \end{aligned} \qquad .... \quad (3)$$

ಎಂದು ಬರೆಯ ಬಹುದು, ಇಲ್ಲಿ ಕಾಲ ಎರಡೂ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳಿ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಒಂದೇ ಆಗಿದೆ ಎಂದು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. ಈ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು (tans-formations; ಸಮೀಕರಣ. 3) ಗೆಲಿಲಿಯನ್ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಇವುಗಳಿಂದ

$$\frac{d^2 x'}{dt'^2} = \frac{d^2 x}{dt^2} \qquad .... \quad (4)$$

ಎಂಬುದು ಸಿದ್ಧಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಒಂದು ಕಾಯದ ಮೇಲೆ ಹೊರಗಿನ ಬಲ ಆರೋಪವಾದಾಗ ಎರಡೂ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಒಂದೇ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದಹಾಗಾಯಿತು. ಆದುದರಿಂದ ಒಂದು ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗ ನಡೆಸಿ ಅದು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿದೆ ಅಥವ ಸಮವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ಹೇಳುವುದಕ್ಕೆ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ. ಇದನ್ನು ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ನಿಬಂಧನೆ (Principle of Relativity) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ನಿಬಂಧನೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ನಿರುಪಾಧಿಕ ಚಲನೆಯನ್ನು ಗುರುತಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬ ವಿಚಾರ ಮನದಟ್ಟಾಗುತ್ತದೆ. ನ್ಯೂಟನ್ ಅವರ ಎರಡನೆ ನಿಯಮವನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರೆ ಅದು ಎರಡು ಚೌಕಟ್ಟನಲ್ಲು ಒಂದೇ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು $\left[F = m\,\frac{d^2 x'}{dt'^2} = m\,\frac{d^2 x}{dt^2}\right]$ ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ನಿಬಂಧನೆಯನ್ನು ಸಮಾನ ಸ್ವರೂಪ ಬದಲಾವಣೆ ನಿಬಂಧನೆ ಎಂದೂ ಹೆಸರಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಇದರ ನಿರೂಪಣೆ ಹೀಗಿದೆ: ಚಲನೆಯ ನಿಯಮಗಳು ಸಮ ಸಾಪೇಕ್ಷ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವ ಸ್ಥಾನ ಸೂಚಕಗಳ ಬದಲಾವಣೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಸಮಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಗೆಲಿಲಿಯನ್ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ನಿಬಂಧನೆ ಎಂದೂ ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. 1865ರಲ್ಲಿ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಅವರು ತಮ್ಮ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಮಂಡಿಸುವವರೆಗು ಗೆಲಿಲಿಯನ್ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ನಿಬಂಧನೆಗೆ ಯಾವ ಪೆಟ್ಟೂ ಬೀಳಲಿಲ್ಲ.

ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಅವರು ತಮ್ಮ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳು ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತವೆ ಎಂದು ಸಾಧಿಸಿದರು. ಬೆಳಕೂ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರ ಎಂಬುದೂ ಇದರಿಂದ ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಅಲೆಗಳು ಪ್ರಸಾರವಾಗಬೇಕಾದರೆ ಒಂದು ಮಾಧ್ಯಮಬೇಕು. ಅಂಥ ಮಾಧ್ಯಮ ಆಕಾಶವನ್ನೆಲ್ಲ ತುಂಬಿಕೊಂಡಿರಬೇಕು. ಈ ಕಾಲ್ಪನಿಕ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನೆ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಈಥರ್ ಎಂದು ಕರೆದುದು. (ಇಂಥ ಒಂದು ಪರಿಕಲ್ಪನೆ ಹಿಂದೆಯೂ ಇತ್ತು). ವಿಶ್ವವ್ಯಾಪಿಯಾದ ಈಥರಿಗೆ ಸಂಬಂಧ ಪಟ್ಟಂತೆ ನಡೆಯುವ ಒಂದು ಕಾಯದ ಚಲನೆ ಆ ಕಾಯದ ನಿರುಪಾಧಿಕ ಚಲನೆ. ಇದನ್ನು ಅಳೆಯ ಬಹುದು ಎಂಬ ಸುಳಿವು ಸಿಕ್ಕಿದಂತಾಯಿತು, ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮಂಡನೆ ಆದಮೇಲೆ. ಮೈಕಲ್‌ಸನ್ ಮತ್ತು ಮಾರ್ಲೆ ಅವರು ಈದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ಪ್ರವೃತ್ತರಾದರು. ಭೂಮಿಯ ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಅಳೆದು ಅದರಿಂದ ಈಥರಿನಲ್ಲಿ ಭೂಮಿ ಹೊಂದಿರುವ ಚಲನೆಯ ವೇಗವನ್ನು ಗುಣಿಸುವ ಸನ್ನಾಹ ಅವರದಾಗಿತ್ತು. ಅವರು ನಡೆಸಿದ ಪ್ರಯೋಗ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 10 ಕಿ. ಮೀ ವೇಗವನ್ನಾದರು ಪತ್ತೆಮಾಡುವಷ್ಟು ಸೂಕ್ಷ್ಮದ್ದಾಗಿತ್ತು. ಸೂರ್ಯನ ಸುತ್ತ ಚಲಿಸುವ ಭೂಮಿಯ ಜವ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 30 ಕಿ. ಮೀ. ಇಷ್ಟಾದರು ಮೈಕಲ್‌ಸನ್ ಮತ್ತು ಮಾರ್ಲೆ ಅವರು ನಡೆಸಿದ ಪ್ರಯೋಗ ಭೂಮಿಯ ಜವವನ್ನು ತೋರಿಸಲಿಲ್ಲ. ಈ ಶೂನ್ಯಫಲ ಈಥರ್ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಪೂರ್ತಿ ಅಳಿಸಿಹಾಕಿತು.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಬಗ್ಗೆ ಲೊರೆನ್ಟ್ಸ್ ಅವರು ನಡೆಸಿದ ಅಧ್ಯಯನದಿಂದ ನಿರುಪಾಧಿಕ ದೂರ, ಕಾಲ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳು ನ್ಯೂಟನ್ ಬಲವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಅವು ಹೊಂದಿದ್ದ ಅಭಿಪ್ರಾಯವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡವು. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಗಮನಿಸಿ ಪಾಂಕಾರೆ ಅವರು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವೆ ಪರಮಾಧಿಕವಾಗಿರುವ ಒಂದು ಹೊಸ ಬಲವಿಜ್ಞಾನ ಬೆಳೆಯಬೇಕು ಎಂದು ಅಭಿಪ್ರಾಯ ಪಟ್ಟರು. ಲೊರೆನ್ಟ್ಸ್ ಅವರಾಗಲಿ, ಪಾಂಕಾರೆ ಅವರಾಗಲಿ ಅಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದೆ ಏನೂಮಾಡಲಿಲ್ಲ, ಅಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದೆ ನಡೆದವರು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್. ಅವರು ನ್ಯೂಟನ್ ಅವರ ನಿಯಮಗಳು ಸ್ಥಾನ ಸೂಚಕಗಳ ಬದಲಾವಣೆಯಲ್ಲಿ ಸಮಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಂತೆ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಅವರ ಸಮೀಕರಣಗಳೂ ಸಮಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕು ಎಂದು ಸಂಕಲ್ಪ ಮಾಡಿಕೊಂಡರು. ಇದು ಆಗಬೇಕಾದರೆ ಸ್ಥಾನ ಸೂಚಕಗಳ ಬದಲಾವಣೆ ಸರಿಯಾಗಿರಬೇಕು. ಆದುದರಿಂದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಗೆಲಿಲಿಯನ್ ಬದಲಾವಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಆಗಬೇಕಾದ ಮಾರ್ಪಾಟನ್ನು ಸಾಧಿಸಲು ಮುಂದಾದರು. ಈ ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಅವರು ಎರಡು ಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರು.

ಒಂದನೆ ಆಧಾರ ಕಲ್ಪನೆ: ಯಾವುದೆ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದಾಗಲಿ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಮಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ಸ್ಥಾನಸೂಚಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ನಡುವೆ ಮೂಲಭೂತವಾದ

ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಕಾಣುವುದಕ್ಕೆ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ. 'ಯಾವುದೆ ಪ್ರಯೋಗ' ಅಂದರೆ ಇಲ್ಲಿ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುಕ್ಕಾಂತೀಯ ಘಟನೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಯಾವುದೆ ಪ್ರಯೋಗ ಆಗಬಹುದು ಎಂದರ್ಥ. ಈ ಅರ್ಥವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಈ ಆಧಾರ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ನಿಬಂಧನೆ ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಪಾಂಕಾರೆ ಅವರೂ ಗ್ರಹಿಸಿದ್ದರು. ಎರಡನೆ ಆಧಾರ ಕಲ್ಪನೆ: ಬರಿ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ಹೊಂದಿರುವ ವೇಗ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಮಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಇಬ್ಬರು ವೀಕ್ಷಕರಿಗೆ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದು ಆಕರದ ಚಲನೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಈ ಎರಡು ಕಲ್ಪನೆಗಳಿಂದ ಬರಿ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ಹೊಂದಿರುವ ವೇಗ ಪರಮಾಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬ ಅಂಶ ಸಿದ್ಧಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ S ಮತ್ತು S' ಚೌಕಟ್ಟುಗಳ ನಡುವಿನ ಸಂಬಂಧಗಳು ಈ ಕೆಳಕಂಡಂತೆ ಇರುತ್ತವೆ :

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \qquad \text{....(5)}$$

ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಲೊರೆನ್ಟ್ಸ್ ಬದಲಾವಣೆ ಸಮೀಕರಣಗಳು ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ c ಯನ್ನು ಅನಂತ ಎಂದುಕೊಂಡರೆ ಇವುಗಳು ಗೆಲಿಲಿಯನ್ ಬದಲಾವಣೆ ಸಮೀಕರಣಗಳಾಗುವುದನ್ನು (3) ನಾವು ಗಮನಿಸಬೇಕು. ಲೊರೆನ್ಟ್ಸ್ ಬದಲಾವಣೆಗೆ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುವ ಪರಾಮರ್ಶ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳಿಗೆ ಜಡತ್ವ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳು ಎಂದು ಹೆಸರು. ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತ ಈ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದ್ದು.

ಲೊರೆನ್ಟ್ಸ್ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಂದ ಎರಡು ವಿಚಾರಗಳು ಬೆಳಕಿಗೆ ಬರುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಉದ್ದದ ಅಳತೆ ನಿರುಪಾಧಿಕವಲ್ಲ ಎಂಬುದು. ನ್ಯೂಟನ್ ಅವರ ಬಲವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಉದ್ದದ ಅಳತೆ ನಿರುಪಾಧಿಕ. S' ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ದಂಡದ ಉದ್ದ X—ನೇರದಲ್ಲಿ L_0 ಆಗಿರಲಿ. S ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿರುವ ವೀಕ್ಷಕ ದಂಡದ ಉದ್ದವನ್ನು ಅಳೆದಾಗ ಅದು L ಆಗಿರುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಲೊರೆನ್ಟ್ಸ್ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಂದ

$$L = L_0 \, (1 - v^2/c^2)^{\frac{1}{2}} \qquad \text{....(6)}$$

ಎಂದು ತೋರಿಸಬಹುದು. ಅಂದರೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ದಂಡದ ಉದ್ದ $(1 - v^2/c^2)^{\frac{1}{2}}$ ಅಂಶದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿ ಕಾಣಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದಹಾಗಾಯಿತು. ಎರಡನೆಯದು

ಕಾಲದ ಅಳತೆ ನಿರುಪಾಧಿಕ ಅಲ್ಲ ಎಂಬುದು. ಉದ್ದದಂತೆ ಕಾಲ ಕೂಡ ನ್ಯೂಟನ್ ಬಲವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ನಿರುಪಾಧಿಕ ಪ್ರಾಚಲ. S' ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ಎರಡು ಘಟನೆಗಳ ನಡುವಿನ ಅಂತರ T_0 ಆಗಿರಲಿ. ಈ ಅಂತರವನ್ನು S ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿರುವ ವೀಕ್ಷಕ ಅಳೆದಾಗ ಅದು T ಆಗಿರುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಲೊರೆನ್ಟ್ಸ್ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಂದ

$$T = T_0 \, (1 - v^2/c^2)^{-\frac{1}{2}} \qquad \text{....(7)}$$

ಎಂದು ತೋರಿಸಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ಓಡುತ್ತಿರುವ ಗಡಿಯಾರ ನಿಧಾನವಾಗಿ ಕಾಲವನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದ ಹಾಗಾಯಿತು.

ಈಥರಿನ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಅಲ್ಲಗಳೆದು ಬರಿ ಆಕಾಶವೆ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸಾರಕ್ಕೆ ಅನುವುಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸಿದ್ಧಪಡಿಸಿದ ಹೆಗ್ಗಳಿಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಲಭಿಸಿತು. ನ್ಯೂಟನ್ನನ ನಿಯಮಗಳು ಲೊರೆನ್ಟ್ಸ್ ಬದಲಾವಣೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಸಮಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕಾದರೆ S' ಮತ್ತು S ಚೌಕಟ್ಟುಗಳಲ್ಲಿರುವ ವೀಕ್ಷಕರು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಅಳೆದ ಒಂದು ಕಾಯದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳಿಗೆ (m_0 ಮತ್ತು m) ಇರುವ ಸಂಬಂಧ

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \qquad \text{....(8)}$$

ಎಂದಿರಬೇಕೆಂದೂ ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಇದರಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ.

1905ರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಎರಡನೆ ಲೇಖನವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದರು [ಅನಲನ್‌ಡರ್ ಫಿಸಿಕ್. ಸಂಪುಟ 18]. ಇದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಸ್ತು ವಿಕಿರಣ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಶಕ್ತಿ $\triangle E$ ಮತ್ತು ಅದರ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಕಡಿತ $\triangle m$ ಇವುಗಳಿಗಿರುವ ಸಂಬಂಧ

$$\triangle E = \triangle mc^2 \qquad \text{....(9)}$$

ಎಂದು ತೋರಿಸಿದರು. 1907ರಲ್ಲಿ ಅವರು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ (m) ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ (E) ಇವುಗಳಿಗಿರುವ ಸಂಬಂಧ

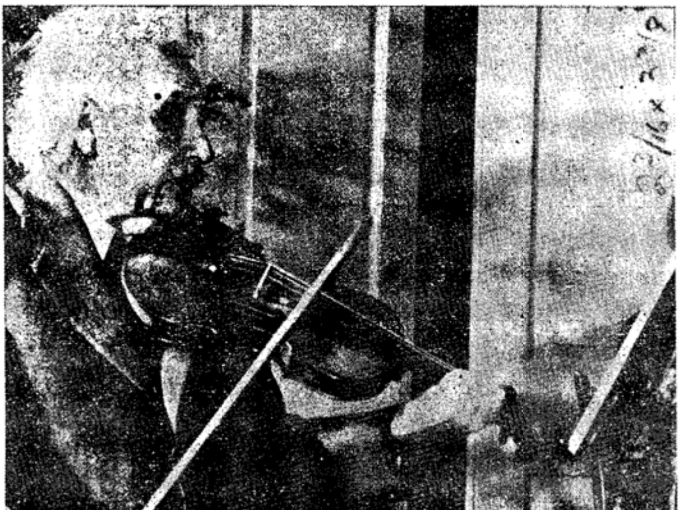
$$E = mc^2 \qquad \text{....(10)}$$

ಎಂದು ಸಾಧಿಸಿದರು.

ವಿದ್ಯಾಪೀಠಗಳಲ್ಲಿ ನೌಕರಿ : 1905 ರಿಂದ 1907 ರ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸಿದ ಜನಕ ಲೇಖನಗಳಿಂದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಗಮನ

ವನ್ನು ಸೆಳೆದರಾದರು ಅವರ ನಡುವೆ ಸಮಸ್ಥಾನ ಪಡೆಯಲು ಇನ್ನೂ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲ ಕಾಯಬೇಕಾಯಿತು. 1909ರಲ್ಲಿ ಮೊದಲು ಅವರು ಜ್ಯೂರಿಕ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದಲ್ಲಿ ಅಸೋಸಿಯೇಟ್ ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಆಗಿ ನೇಮಕಗೊಂಡರು. ಇದಾದ ನಂತರ 1911ರಲ್ಲಿ ಅವರು ಪ್ರಾಗ್ ನಗರದಲ್ಲಿರುವ ಜರ್ಮನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಆದರು. 1912ರಲ್ಲಿ ಜ್ಯೂರಿಕ್ ಪಾಲಿಟೆಕ್ನಿಕ್ ಅವರಿಗೆ ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಹುದ್ದೆಯನ್ನು ನೀಡಿತು. 1914ರ ವಸಂತ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಅವರು ಬರ್ಲಿನ್ ನಗರದಲ್ಲಿರುವ ಕೈಸರ್‌ವಿಲ್‌ಹೆಲ್ಮ್ ಸಂಸ್ಥೆಯ ಡೈರೆಕ್ಟರೂ ಮತ್ತು ಪ್ರಷ್ಯ ವಿಜ್ಞಾನ ಅಕಾಡಮಿಯ ಸದಸ್ಯರೂ ಆದರು. ಬೇಕಾದರೆ ಪಾಠಹೇಳುವ, ಬೇಕಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಬಿಡುವ ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯ ಅವರಿಗೆ ದೊರೆಯಿತು; ಇದರಿಂದ ಸಂಶೋಧನೆಯಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಕಾಲವನ್ನು ಪೂರ್ತಿ ವಿನಿಯೋಗಿಸಲು ಅವರಿಗೆ ಅವಕಾಶಸಿಕ್ಕಿತು.

ಮಿಲೇವ ಮಾರಿಕ್ ಮತ್ತು ಮಕ್ಕಳು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರೊಂದಿಗೆ ಬರ್ಲಿನ್ ನಗರಕ್ಕೆ ಹೋಗಲಿಲ್ಲ. 1919ರಲ್ಲಿ ಅವರ ವಿವಾಹ ಮುರಿದುಬಿತ್ತು, ಬರ್ಲಿನ್ ನಗರ



ಪಿಟೀಲು ವಾದನದಲ್ಲಿ ತಲ್ಲೀನರಾಗಿರುವ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್

ದಲ್ಲಿ ಆಗ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಒಬ್ಬ ಸೋದರ ಮಾವನ ಮನೆಯಲ್ಲಿದ್ದರು. ಎರಡು ಮಕ್ಕಳಿದ್ದ ಸೋದರ ಮಾವನ ಮಗಳು ಎಲ್ಸ ವಿವಾಹ ವಿಚ್ಛೇದನ ಮಾಡಿಕೊಂಡು ತಂದೆಯ ಮನೆಯಲ್ಲಿದ್ದಳು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೆ ಅವಳ ಬಗ್ಗೆ ಅನುರಾಗ ಉಂಟಾಯಿತು. ಅವರು ಅವಳನ್ನು ಮದುವೆ ಮಾಡಿಕೊಂಡರು. ಎಲ್ಸ ಅಷ್ಟು ಓದಿದ ಹೆಂಗಸಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಅವಳು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಯೋಗಕ್ಷೇಮ ನೋಡಿಕೊಳ್ಳುವುದೆ ತನ್ನ ಮೊದಲ ಕರ್ತವ್ಯ ಎಂದು ತಿಳಿದಿದ್ದಳು. ಇಚ್ಛೆಯರಿತು ನಡೆಯುವ ಹೆಂಡತಿ ದೊರೆತದ್ದರಿಂದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೆ ಹೊಸ ಹುರುಪು ಕೊಟ್ಟಂತಾಯಿತು.



ಎರಡನೆಯ ಹೆಂಡತಿ ಎಲ್ಸಳೊಂದಿಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್

ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮಗಳ ಆಕಾಶ : ಯೂಕ್ಲಿಡಿಯನ್ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಕಣದ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು ಮೂರು ಉದ್ದ ಪ್ರಾಚಲಗಳುಬೇಕು. ಒಂದೊಂದು ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಒಂದೊಂದು ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಕಣ ಇದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಸಲು ಕಾಲ ಪ್ರಾಚಲಬೇಕು ಅಂದರೆ ಒಂದು ಕಣದ ಚಲನೆಯ ಪೂರ್ಣವಿವರವನ್ನು ಕೊಡಲು ಮೂರು ಆಕಾಶ ಸೂಚಕಗಳು ಮತ್ತು ಒಂದು ಕಾಲ ಸೂಚಕಬೇಕು ಎಂದಾಯಿತು. ಈ ನಾಲ್ಕು ಸೂಚಕಗಳ ಯೂಕ್ಲಿಡಿಯನ್ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ಭೌತಘಟನೆಗಳೆ ವಾಸ್ತವವಾದುವು ಎಂದು ಮಿಂಕೊವ್‌ಸ್ಕಿ ಅವರು ವಾದಿಸಿ ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮಗಳ ಆಕಾಶದ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಮಂಡಿಸಿದರು (1908). ಈ ಆಕಾಶದ ನಾಲ್ಕನೆ ಸೂಚಕ ict, ಇದನ್ನು x_4 ಎಂದು ಬರೆಯುವುದು ರೂಢಿ.

ನಾಲ್ಕು ಸೂಚಕಗಳ ಆಕಾಶ ಅಥವ ಧಾರೆಯಲ್ಲಿ (Continuum) ಎರಡು ಘಟನೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಸೂಚಕಗಳು (x_1, x_2, x_3, x_4) ಮತ್ತು $(x_1+dx_1, x_2+dx_2, x_3+dx_3, x_4+dx_4)$ ಆದರೆ ಅವುಗಳ ನಡುವಿನ ಅಂತರದ ವರ್ಗ

$$ds^2 = dx_1{}^2 + dx_2{}^2 + dx_3{}^2 + dx_4{}^2 \qquad \cdots(11)$$

ಎಂದು ತೋರಿಸಬಹುದು. ಈ ಅಂತರವನ್ನು S′ ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ds' ಎಂದುಕೊಂಡರೆ

$$ds'^2 = dx_1'^2 + dx_2'^2 + dx_3'^2 + dx_4'^2 \qquad ....(12)$$

ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದು. ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳು ಯೂಕ್ಲಿಡಿಯನ್ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಹತ್ತಿರದ ಬಿಂದುಗಳ ನಡುವಿನ ದೂರವನ್ನು ಕೊಡುವ ಸಮೀಕರಣಗಳಂತೆಯೆ ಇವೆ. ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳ ನಡುವಿನ ದೂರ ನಿಯತವಾದುದು. ಆದುದರಿಂದ ಇದನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯೀಕರಿಸಿ

$$dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 + dx_4^2 = dx_1'^2 + dx_2'^2 + dx_3'^2 + dx_4'^2 (13)$$

ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದು. ಸಮೀಕರಣ (13) S ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಅಳೆದ x_1, x_2, x_3, t ಮತ್ತು S' ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಅಳೆದ x_1', x_2', x_3', t' ಗಳ ನಡುವಿನ ಜಾಮಿತೀಯ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತಿಳಿಸುತ್ತದೆ.

ಆಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲದ ಅಂಗಗಳಿಗಿರುವ (Components) ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಬಗೆಗಳಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಬಹುದು. ಆಕಾಶ–ಕಾಲದ ಜಾಮಿತಿ ಯೂಕ್ಲಿಡಿಯನ್ ಜಾಮಿತಿ ಆಗಬೇಕಾದರೆ ಕಾಲದ ಅಂಗ ಕಾಲ್ಪನಿಕವಾದುದಾಗಿರಬೇಕು ಅಷ್ಟೆ (ict). ಈ ಕಲ್ಪನೆಯಿಂದ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಟೆನ್ಸಾರ್ ಕಲನಶಾಸ್ತ್ರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದು ಸುಲಭವಾಯಿತು. ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮಗಳ ಟೆನ್ಸಾರ್ ಸಮೀಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಬರೆಯುವ ಭೌತಸಂಬಂಧಗಳು ಲೊರೆನ್ಟ್ಸ್‌ನ ಬದಲಾವಣೆಗೆ ಗುರಿಯಾದಾಗ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿಯೆ ಸಮಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತ : ಸಮೀಕರಣ(12)ನ್ನು

$$ds^2 = \sum_{\mu, \nu = 1}^{4} g_{\mu\nu} \, dx^\mu \, dx^\nu \qquad 14$$

ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದು. ಆಕಾಶ–ಕಾಲ ಧಾರೆಯ ಜಾಮಿತಿಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವುದು ಅದರಲ್ಲಿನ ಗೆರೆಧಾತುವಿನ (Line element) ಸ್ವರೂಪ (ಸಮೀಕರಣ. 14). ಅಂದರೆ $g_{\mu\nu}$ ನಿಯತವಾಗಿದ್ದರೆ ಅಂಥ ಆಕಾಶ—ಕಾಲದ ಜಾಮಿತಿ ಯೂಕ್ಲಿಡನ ಜಾಮಿತಿ ಎಂದಾಯಿತು ($g_{11} = g_{22} = g_{33} = 1$; $g_{12} = g_{31} = 0$ ಮತ್ತು $g_{44} = -c^2$) ಯೂಕ್ಲಿಡನ ಜಾಮಿತಿಯ ವಿವರಣೆಗೆ ಒಳಪಡುವ ಆಕಾಶ—ಕಾಲ ಧಾರೆಯನ್ನು ಸಮತಲ ಆಕಾಶ–ಕಾಲ ಧಾರೆ ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಹರಡಿಕೊಂಡಿದ್ದರೆ ಆಕಾಶ–ಕಾಲ ಧಾರೆಯಲ್ಲಿ ಉಬ್ಬುತಗ್ಗುಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ಆಗ $g_{\mu\nu}$ ನಿಯತವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದುದರಿಂದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಇರುವಿಕೆಯಿಂದ ಆಕಾಶ–

ಕಾಲ ಧಾರೆ ಡೊಂಕಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದಾಯಿತು. ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮಗಳ ಡೊಂಕಾದ ಆಕಾಶ–ಕಾಲ ಧಾರೆಗೆ ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದು ರೀಮಾನನ ಜಾಮಿತಿ ; ಸಣ್ಣ ಭಾಗಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಯೂಕ್ಲಿಡನ ಜಾಮಿತಿ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೆ ಕಠಿಣವಾದ ಗಣಿತದ ಬಗ್ಗೆ ಆಸಕ್ತಿ ಇರಲಿಲ್ಲ; ಭೌತ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು ಸರಳ ಗಣಿತ ಮಾರ್ಗವೆ ಸಾಕೆಂದು ಅವರು ನಂಬಿದ್ದರು. ಮಿಂಕೊವ್‌ಸ್ಕಿ ಅವರ ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮಗಳ ಜಗತ್ತಿನ ಕಲ್ಪನೆಯು ಅವರಿಗೆ ಮೊದಲು ಹಿಡಿಸಿರಲಿಲ್ಲ. ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ ಚಲನೆಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂತೆ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ನಿಬಂಧನೆಯನ್ನು ವಿಸ್ತರಿಸಲು ಯತ್ನಿಸಿದಾಗಲೆ ಅವರಿಗೆ ಕಠಿಣವಾದ ಗಣಿತ ಮಾರ್ಗಗಳ ಆವಶ್ಯಕತೆಯು ಅರಿವಾದುದು. ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ವಿವರಣೆಗೆ ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮಗಳ ಜಗತ್ತಿನ ಕಲ್ಪನೆಬೇಕೆಂದು ಅವರು ಮನಗೊಂಡರು. ಇಲ್ಲಿ ಮಾಡಬೇಕಾಗಿದ್ದ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಸಮತಲ ಜಾಮಿತಿಯನ್ನು ಕೈಬಿಟ್ಟು ಡೊಂಕು ಆಕಾಶದ ಜಾಮಿತಿಯನ್ನು ಬಳಸುವುದಾಗಿತ್ತು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಅಜಡ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳನ್ನೂ ಒಳಗೊಳ್ಳುವಂತೆ, ಸಾಮಾನ್ಯೀಕರಣಗೊಳಿಸಲು 1907 ರಿಂದಲೆ ಕಾರ್ಯ ಪ್ರವೃತ್ತರಾಗಿದ್ದರು. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಎಲ್ಲ ಕಾಯಗಳು ಒಂದೇ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದಿಂದ ಬೀಳುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದ ಒಂದು ಕಾಯದ ಜಡದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಯಾದುವಲ್ಲ ಎಂಬ ಅಂಶ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಈ ಸಮಾನತೆಯನ್ನು ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡರು. ಇದರಿಂದ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ನಿಬಂಧನೆಯನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದಿಂದ ಚಲಿಸುವ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳಿಗು ವಿಸ್ತರಿಸಬಹುದೆಂದು ಅವರು ತೋರಿಸಿದರು.

ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಕೊಠಡಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಲ್ಲನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಬಿಟ್ಟರೆ ಅದು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ್ಕೊಳಗಾಗಿ ಬೀಳುತ್ತದೆ. ಬಲು ದೂರದಲ್ಲಿ, ಅಂದರೆ ಯಾವುದೆ ಆಕಾಶಕಾಯಗಳ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಮುಕ್ತವಾದಂಥ ಕಡೆ, ಒಂದು ಕೊಠಡಿ ಇದೆ ಎಂದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಅದನ್ನು ಊರ್ಧ್ವಮುಖವಾಗಿ, ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಕಲ್ಲು ಬೀಳುವಾಗ ಯಾವ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ, ಅದೇ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದಿಂದ, ಚಲಿಸುವಂತೆ ಒಂದು ದೆವ್ವ ಎಳೆಯುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ಕೊಳ್ಳೋಣ. ಆ ಕೋಣೆಯಲ್ಲಿರುವ ವೀಕ್ಷಕ ಒಂದು ಕಲ್ಲನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಬಿಟ್ಟರೆ ಅದು ಕೂಡ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಕೆಳಗೆ ಬೀಳುವ ಕಲ್ಲಿನಂತೆಯೆ ಬೀಳುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿರುವ ಮತ್ತು ದೂರದ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿರುವ ಕೊಠಡಿಗಳ ನಡುವೆ ನಾವು ಯಾವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನೂ ಗುರುತಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಯಾಂತ್ರಿಕ ನಿಯಮಗಳು ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ ಎಲ್ಲ ಭೌತನಿಯಮಗಳು ಈ ಎರಡೂ ಕೊಠಡಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ ಎಂದು ಊಹಿಸಿಕೊಂಡರು. ಈ ಊಹೆಯೆ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾನಿಬಂಧನೆ

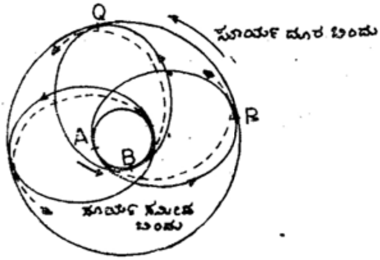
ಇದರಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಬಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬ ವಿಚಾರ ಸಿದ್ಧಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇದು ಆಗ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಲಿಲ್ಲ (1907).

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೆ ಮತ್ತೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಗ್ಗೆ ಕೆಲಸಮಾಡಲು ಮುಂದೆ ನಾಲ್ಕು ವರ್ಷ ಆಗಲೆ ಇಲ್ಲ. 1911ರಲ್ಲಿ ಅವರು ತಮ್ಮ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರಗಳನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಿ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ ಇರುವ ಕಡೆ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ ಕಡಿಮೆ ಆಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದರು. 1912ರಲ್ಲಿ ಅವರು ಅನಿಯತ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ತಮ್ಮ ಲೇಕ್ಕಾಚಾರಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಪ್ರಯತ್ನ ಮಾಡಿದಾಗ ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮ ಜಗತ್ತಿನ ಕಲ್ಪನೆಯ ಮಹತ್ವವನ್ನು ಗುರುತಿಸಿದರು ; ಡೊಂಕಾದ ಆಕಾಶ–ಕಾಲ ಧಾರೆಯ ಚಿತ್ರಣಕ್ಕೆ $g_{\mu\nu}$ ಗಳನ್ನು ಚಲಪರಿಮಾಣಗಳೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕಾದ ಅವಶ್ಯಕತೆಯೂ ಅವರಿಗೆ ಆಗ ಹೊಳೆಯಿತು. ನ್ಯೂಟನ್ ಅವರ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಚಲಪರಿಮಾಣ (ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಅದಿಶ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನತೆ ϕ) ಇದ್ದ ಕಡೆ ಹತ್ತು ಚಲಪರಿಮಾಣಗಳು ($g_{\mu\nu}$) ಬರುತ್ತವೆ ಹೊಸಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ; ಇವುಗಳ ಗಣಿತೀಯ ಹೆಸರು ಮೆಟ್ರಿಕ್ ಟೆನ್ಸಾರ್ ಎಂದು.

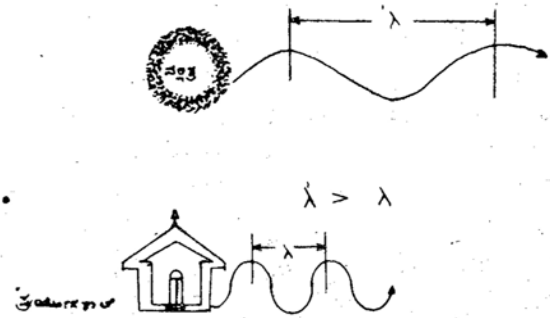
ರಿಚ್ಚಿ, ಲೆವಿಸಿವಿಟ ಎಂಬ ಇಟಲಿ ದೇಶದ ಗಣಿತಜ್ಞರು ಬೆಳೆಸಿದ್ದ ಟೆನ್ಸಾರ್ ಕಲನಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಪ್ರವೇಶ ದೊರಕಿಸಿಕೊಂಡುದು ಮಾರ್ಸೆಲ್ ಗ್ರಾಸ್‌ಮನ್ ಅವರ ಸಹಾಯದಿಂದ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಮತ್ತು ಗ್ರಾಸ್‌ಮನ್ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದಿಂದ ಬೇರೆ ಭೌತಘಟನೆಗಳ ಮೇಲೆ ಆಗುವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ತಿಳಿಸುವ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಸಮಸ್ವರೂಪ ಬದಲಾವಣೆಗೆ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ಬರೆದರು. ನ್ಯೂಟನ್ ಅವರ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ನಿರ್ವಹಿಸುವ ಪಾತ್ರವನ್ನು ಒತ್ತು—ಶಕ್ತಿ (Stress-energy) ಟೆನ್ಸಾರ್ ಹೊಸಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ನಿರ್ವಹಿಸುವುದನ್ನು ಅವರು ಕಂಡರು. ಇಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ಕೆಲಸಮಾಡಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು 1915ರ ಕೊನೆಯ ಹೊತ್ತಿಗೆ ಒಂದು ಸಮರ್ಪಕ ರೂಪಕ್ಕೆ ತಂದರು; 1916ರಲ್ಲಿ ಅದು ಪ್ರಕಟವಾಯಿತು.

ಕೀರ್ತಿ ಶಿಖರದ ಮೇಲೆ : ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತದ ಭವಿಷ್ಯ ನುಡಿಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷೆಗೆ ಗುರಿಪಡಿಸಲು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಮೂರು ಸನ್ನಿವೇಶಗಳ ಕಡೆ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಗಮನವನ್ನು ಸೆಳೆದರು. ಇದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗೊತ್ತಿದ್ದುದೆ. ಆದರೆ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರ ಮತ್ತು ಅಳತೆಗೆ ಅಲ್ಲಿ ಹೊಂದಿಕೆ ಸಿಕ್ಕಿರಲಿಲ್ಲ. ಇದು ಬುಧಗ್ರಹದ ಕಕ್ಷೆಯ ಮೇಲಿನ ಸೂರ್ಯಸಮೀಪ ಬಿಂದುವಿನ ಪಲ್ಲಟಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟುದು. ಗ್ರಹ ಸೂರ್ಯಸಮೀಪ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಹೊರಟು ಒಂದು ಸುತ್ತು ಪ್ರದಕ್ಷಿಣೆ ಬರುವಷ್ಟರಲ್ಲಿ ಆಬಿಂದು ಗ್ರಹ ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಸಾಗಿ ಮುನ್ನಡೆದಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಮುನ್ನಡೆಯ ಅಳತೆ ಒಂದು ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 43 ಕೋನ ಸೆಕಂಡುಗಳಷ್ಟು. ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತದ ಲೇಕ್ಕಾಚಾರ ಇದನ್ನು ಪುರಸ್ಕರಿಸುತ್ತದೆ. ಎರಡನೆ

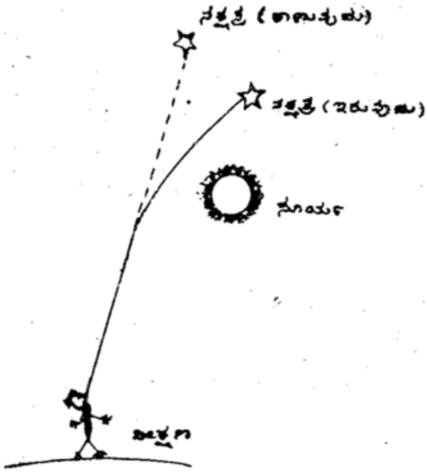
ಯದು ತೀಕ್ಷ್ಣವಾದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳು ವಿಸರ್ಜಿಸುವ ಬೆಳಕು ಕೆಂಪು ಬಣ್ಣದ ಕಡೆ ಸರಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ್ದು. ಹಿಂದೆ ಇದನ್ನು ಯಾರೂ ಊಹಿಸಿರಲಿಲ್ಲ. ಇದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತದ ಭವಿಷ್ಯ ನುಡಿ. ಎಡ್ಡಿಂಗ್



ಸೂರ್ಯ ಸಮೀಪ ಬಿಂದುವಿನ ಪಲ್ಲಟ



ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಕೆಂಪುಸರಿತ



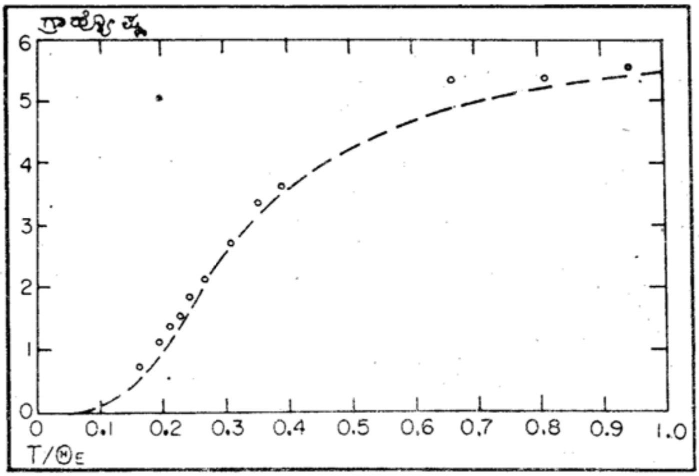
ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣ ಬಾಗುವುದು

ಟನ್ ಅವರ ಸಲಹೆಯಂತೆ ಡಬ್ಲ್ಯು. ಎಸ್. ಆಡಮ್ಸ್ ಅವರು ಸಿರಿಯಸ್ ನಕ್ಷತ್ರದ ಸಂಗಾತಿ ಶ್ವೇತಕುಬ್ಜದ ಬೆಳಕಿನ ರೋಹಿತದ ಛಾಯಾ ಚಿತ್ರತೆಗೆದು, ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಗೊತ್ತಾದ ಒಂದು ಬಗೆಯ ಅಣುಗಳು ವಿಸರ್ಜಿಸುವ ಬೆಳಕಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಶ್ವೇತಕುಜ್ಜದಲ್ಲಿರುವ ಅಂಥವೆ ಅಣುಗಳು ವಿಸರ್ಜಿಸುವ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರ ದೊಡ್ಡದಾಗಿ ಕೆಂಪುಬಣ್ಣದ ಕಡೆ ಸರಿದಿರುವುದನ್ನು, ತೋರಿಸಿದರು. ಇದು ಡಾಪ್ಲರ್ ಪರಿಣಾಮಕ್ಕಿಂತ ಭಿನ್ನವಾದುದು. ಇದನ್ನು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಕೆಂಪು ಸರಿತ (gravitational red shift) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

ಮೂರನೆಯದು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣ ಬಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದು. 1911ರಲ್ಲೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಈ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದ್ದರೂ ಅದು ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿರಲಿಲ್ಲ. 1915ರಲ್ಲಿ ನಡೆಸಿದ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರ ಹಿಂದಿನದಕ್ಕಿಂತ ಎರಡರಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಬಾಗುವುದನ್ನು ತೋರಿಸಿತು. ಇದನ್ನು ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಸಾದರಪಡಿಸಲು ಪೂರ್ಣ ಸೂರ್ಯಗ್ರಹಣಕ್ಕಾಗಿ ಕಾಯ ಬೇಕಾಗಿತ್ತು, ಆ ದಿನ ಒದಗಿ ಬಂದದ್ದು 1919ರ ಮಾರ್ಚ್ 29ರಂದು. ಅಂದು ಅನೇಕ ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಸೂರ್ಯನ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯೂ ಇತ್ತು. ಎರಡು ಬ್ರಿಟಿಷ್ ನಿಯೋಗಗಳು ಆ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಂದ ಬರುವ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳು ಸೂರ್ಯನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಬಾಗುವುದನ್ನು ಕಂಡು ಅವುಗಳ ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಸಜ್ಜಾದುವು. ಒಂದು ಉತ್ತರ ಬ್ರೆಜಿಲ್‌ನಲ್ಲಿ ಅದರ ವೀಕ್ಷಣಾಲಯವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಿತು, ಇನ್ನೊಂದು ಆಫ್ರಿಕ ಖಂಡದ ಪಶ್ಚಿಮ ಕರಾವಳಿಗೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರಿನ್ಸಿಪಿ ದ್ವೀಪದಲ್ಲಿ ಬಿಡಾರಬಿಟ್ಟಿತು. ಈ ತಂಡದ ನಾಯಕರಾಗಿ ಸ್ವತಃ ಎಡ್ಡಿಂಗ್‌ಟನ್ ಅವರೆ ಕಾರ್ಯನಿರತರಾಗಿದ್ದರು. ಅವರು ತೆಗೆದ ಛಾಯಚಿತ್ರಗಳು ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣ ಸೂರ್ಯನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಬಾಗುವುದನ್ನು ತೋರಿಸಿದವು; ವೀಕ್ಷಿತ ಪಲ್ಲಟ 1.7 ಕೋನ ಸೆಕಂಡುಗಳಷ್ಟಾಗಿತ್ತು. ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದಿಂದ ಪಡೆದ ಪಲ್ಲಟಕ್ಕೆ ಇದು ತೀರ ಸಮೀಪವಾಗಿತ್ತು. ಪ್ರಿನ್ಸಿಪಿ ಯಾತ್ರೆಯ ಫಲದ ಪ್ರಕಟಣೆಯೊಂದಿಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಕೀರ್ತಿ ವಿಶ್ವವ್ಯಾಪಿಯಾಯಿತು; ಅವರ ಹೆಸರು ಮತ್ತು ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತ ಎಲ್ಲ ಕಡೆ ಮನೆಮಾತುಗಳಾದವು. ಅಂದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಕೀರ್ತಿಶಿಖರದ ತುಟ್ಟತುದಿಯಲ್ಲಿ ನಿಂತಿದ್ದರು.

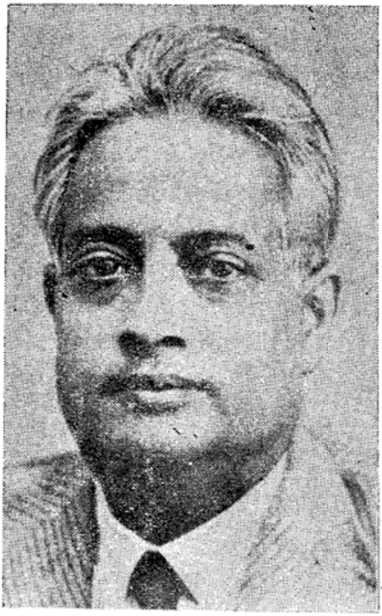
ಘನವಸ್ತುಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ ಮತ್ತು ಬೋಸ್-ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸಾಂಖ್ಯಿಕಶಾಸ್ತ್ರ (Statistics) : ಅಭಿಜಾತ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ಘನವಸ್ತುಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ ತಾಪದೊಂದಿಗೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ 1895ರಿಂದ ಮುಂದೆ ನಡೆದ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಘನವಸ್ತುಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ ತಾಪ ಕಡಿಮೆಯಾದಂತೆ ಕಡಿಮೆ ಆಗುವುದನ್ನು ತೋರಿಸಿದವು. 1906ರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಪ್ಲಾಂಕ್ ಅವರ ಕ್ವಾಂಟಂ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಬಹುದೆಂದು

ಯೋಚಿಸಿದರು. ಇದಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಅವರುಅಣುಗಳ ಕಂಪನ ಚಲನಶಕ್ತಿ ಕ್ವಾಂಟೀಕೃತವಾಗಿದೆ ಎಂದು ತರ್ಕಿಸಿದರು. ಇದರಿಂದ ಅತಿಹಗುರವಾದ ಧಾತುಗಳ ಕಡಿಮೆ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನೂ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಕಂಪನ ಚಲನೆಯಿಂದ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣಕ್ಕೆ ಯಾವುದೆ ಅಂಶ ಸೇರುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನೂ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಸುಲಭವಾಯಿತು. ಇಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮುಖ್ಯ ಭವಿಷ್ಯ ನುಡಿ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳ ಗಾಹ್ಯೋಷ್ಣವು ತಾಪಕಡಿಮೆಯಾದಂತೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ, ನಿರುಪಾಧಿಕ ಶೂನ್ಯತಾಪದಲ್ಲಿ ಅದು ಸೊನ್ನೆಯಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದು. ವಾಲ್ತರ್‌ನರ್ನ್ಸ್ಟ್ ಅವರು ಈ ಭವಿಷ್ಯ ನುಡಿಯನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ಸಿದ್ಧಪಡಿಸಿದರು. ಚಿತ್ರ 3ರಲ್ಲಿ ಘನವಸ್ತುಗಳ ಗಾಹ್ಯೋಷ್ಣಕ್ಕು ತಾಪಕ್ಕು ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ. θ_E ಅನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ತಾಪ ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಇದರಿಂದ ಕೆಳಗೆ ಘನವಸ್ತುಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ ತಾಪದೊಂದಿಗೆ ಗಮನಾರ್ಹವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಘನವಸ್ತುಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣದ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿದ್ದ ನ್ಯೂನತೆಗಳನ್ನು ಮುಂದೆ ಡಿಬೈ ಅವರು ನಿವಾರಿಸಿದರು.



ಚಿತ್ರ 3. ಘನವಸ್ತುಗಳ ಗಾಹ್ಯೋಷ್ಣಕ್ಕು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ತಾಪಕ್ಕು ಇರುವ ಸಂಬಂಧ ನಿರೂಪಣೆ

1924ರಲ್ಲಿ ಭಾರತದ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಎಸ್. ಎನ್. ಬೋಸ್ ಅವರು ಒಂದು ಪತ್ರ ಬರೆದು, ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಬೆಳಕಿನ ಕ್ವಾಂಟಗಳ ಒಂದು ಅನಿಲ ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಿ ಅವರು ಸಿದ್ಧಪಡಿಸಿದ್ದ ಲೇಖನವನ್ನು ಅದರ ಜೊತೆಗಿಟ್ಟು, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೆ ಕಳುಹಿಸಿದರು. ಫೋಟಾನ್ ಅನಿಲದ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಅನುಸರಿಸಬೇಕಾದ ಎಣಿಕೆ ಮಾರ್ಗ



ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಸತ್ಯೇಂದ್ರನಾಥ ಬೋಸ್

ವನ್ನು ಬೋಸ್ ಆ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿದ್ದರು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಕೂಡಲೆ ಆ ಲೇಖನದ ಮಹತ್ವವನ್ನು ಗಮನಿಸಿ ಅದನ್ನು ಜರ್ಮನ್ ಭಾಷೆಗೆ ತರ್ಜುಮೆಮಾಡಿ ಪ್ರಕಟಣೆಗಾಗಿ ಜರ್ಮನ್ ಪತ್ರಿಕೆಯೊಂದಕ್ಕೆ ಕಳುಹಿಸಿಕೊಟ್ಟರು. ಮುಂದುವರಿದು ಅವರು ಬೋಸ್ ವಿವರಿಸಿದ್ದ ಸಾಂಖ್ಯಿಕ ಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಭೌತಕಣಗಳ ಆದರ್ಶ ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಒಂದು ಅನುರೂಪ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಮಂಡಿಸಿದರು.

ಬೋಸ್ ಅವರ ಸಾಂಖ್ಯಿಕ ನಿಬಂಧನೆಗಳಿಗೆ ಬದ್ಧವಾದ ಕಣಗಳನ್ನು ಬೋಸಾನು ಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಇವುಗಳ ಸ್ವಭಾವಸಿದ್ಧ ಭ್ರಮಣ $0,\ \hbar, 2\hbar, 3\hbar \ldots$ ಹೀಗೆ ಪೂರ್ಣಾಂಕ ಭ್ರಮಣ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಹಂಚಿಕೆಯನ್ನು ಗೊತ್ತು ಮಾಡಲು ಅನುಸರಿಸುವ ಎಣಿಕೆ ಕ್ರಮಕ್ಕೆ ಬೋಸ್–ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸಾಂಖ್ಯಿಕಶಾಸ್ತ್ರ ಎಂದು ಹೆಸರು. ಒಂದು ತಾಪದಿಂದ ಕೆಳಗೆ ಇಂಥ ಕಣಗಳು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಘನೀಕರಣ ಸ್ವಭಾವವನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತವೆ. $2°K$ ಕೆಳಗಿನ ತಾಪದಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಹೀಲಿಯಂ ದ್ರವ ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ ಅತಿಸ್ರಾವಕತ್ವಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ಬೋಸ್ ಘನೀಕರಣ ಎಂಬ ನಂಬಿಕೆ ಇದೆ.

ವಿಕಿರಣ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯದ ನಡುವಿನ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ : ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಸ್ಥಾಯಿಸ್ತರ E' ನಿಂದ ಸ್ಥಾಯಿಸ್ತರ E''ಕ್ಕೆ ν ಕಂಪನಾಂಕ ಇರುವ ಫೋಟಾನನ್ನು

ವಿಸರ್ಜಿಸುವುದರಿಂದಲೊ ಅಥವಾ ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದಲೊ ಸ್ಥಿತ್ಯಂತರಗೊಳ್ಳುತ್ತ ದೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಆಗ ಬೋರ್ ಕಂಪನಾಂಕ ಕಟ್ಟಳೆಯಿಂದ

$$E' - E'' = h\nu \qquad \text{....(15)}$$

ಎಂದು ಬರೆಯ ಬಹುದು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಈ ಕಟ್ಟಳೆಯನ್ನು ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡು 1917ರಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯದ ನಡುವಿನ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿ ಅತಿ ಸುಲಭವಾಗಿ ಪ್ಲಾಂಕ್ ಅವರ ಹಂಚಿಕೆ ನಿಯಮವನ್ನು ಪಡೆದರು. ಉದ್ರಿಕ್ತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣು ಶಿಥಿಲಗೊಂಡು ವಿಕಿರಣವನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುವುದು ಸ್ವಯಂ ಪ್ರೇರಿತವಾದ ಕ್ರಿಯೆ ಎಂದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ತರ್ಕಿಸಿದರು. ಹೀಗಲ್ಲದೆ ಅನಿಲವೊಂದು ವಿಕಿರಣದೊಂದಿಗೆ ಸಮತೋಲನದಲ್ಲಿದ್ದರೆ ಹೀರಿಕೆ ಮತ್ತು ವಿಜರ್ಜನೆ ಪ್ರಚೋದನೆ ಯಿಂದ ಸಂಭವಿಸುತ್ತವೆಂದೂ, ಅವು ವಿಕಿರಣ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸಾಂದ್ರತೆಗೆ (u_v) ಅನುಪಾತ ವಾಗಿರುತ್ತವೆಂದೂ ಅವರು ಊಹಿಸಿಕೊಂಡರು. ಸಮತೋಲನ ಕೆಡದಂತೆ ವಿಕಿರಣ ಕ್ಷೇತ್ರ ಮತ್ತು ಅಣುಗಳ ನಡುವೆ ಶಕ್ತಿವಿನಿಮಯ ಆಗುತ್ತದೆಂದುಕೊಂಡು, ಈ ಊಹೆಗಳನ್ನು ಗಣಿತಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಿ ಅವರು

$$u_v = \frac{\gamma \nu^3}{e^{h\nu/KT} - 1} \qquad \text{....(16)}$$

ಎಂದು ತೋರಿಸಿದರು. ಇಲ್ಲಿ γ ಒಂದು ನಿಯತಾಂಕ. T ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವಾಗ ಅಭಿಜಾತ ಮಿತಿಗೆ ಹೋಗಿ $\gamma = 8\pi h/c^3$ ಎಂದು ತೋರಿಸಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರೆ ಸಮೀಕರಣ (16) ಪ್ಲಾಂಕ್ ಅವರ ಹಂಚಿಕೆ ಸಮೀಕರಣ ಎಂಬುದು ಹೊಳೆಯುತ್ತದೆ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲೆ ಇತ್ತೀಚಿನ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಕೆಗೆ ಬಂದಿರುವ ಲೇಸರುಗಳ ಉದ್ಯಮಕ್ಕೆ ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ನೆಲೆದೊರೆತದ್ದು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಮತ್ತು ಯಹೂದಿಗಳು : ಪ್ರಾಗ್ ನಗರದಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಆಗಿದ್ದಾಗ ಅವರಿಗೆ ಯಹೂದಿಗಳ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಅರಿವಾಯಿತು. ಯಹೂದಿ ಧರ್ಮಾಚರಣೆಯನ್ನು ಅವರು ತ್ಯಜಿಸಿ ಬಹಳ ಕಾಲವೆ ಆಗಿತ್ತು ; ರಾಷ್ಟ್ರೀಯತೆ ಮತ್ತು ಮತೀಯ ಸಂಪ್ರದಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಅವರಿಗೆ ಆಸಕ್ತಿಯೂ ಇರಲಿಲ್ಲ. ಆದರು ಜಿಯೊನಿಸ್ಟ್ ಚಳುವಳಿಯ ಬಗ್ಗೆ ಅವರು ವಿಶ್ವಾಸತೋರಿದ್ದು ಒಂದು ಗುಂಪಿನ ಜನರು ಅಭಿಮಾನ ಶೂನ್ಯರಾಗಿ ನಶಿಸಿಹೋಗಬಾರದು ಎಂಬ ಮಾನವೀಯ ಅನುಕಂಪದಿಂದ ಮಾತ್ರ. 1921ರಲ್ಲಿ ಅವರು ಆ ಚಳುವಳಿಯಲ್ಲಿ ನೇರವಾಗಿ ಪಾಲುಗೊಳ್ಳಲು ನಿರ್ಧರಿಸಿದರು. ಇದರಿಂದ ಜರ್ಮನರೊಂದಿಗೆ ಸಾಂಸ್ಕೃತಿಕವಾಗಿ ಬೆರೆತುಕೊಳ್ಳಲು ಬಯಸಿದ್ದ ಯಹೂದಿ ಗಳಿಗೆ ಅವರು ನುಂಗಲಾರದ ತುತ್ತಾದರು. ಅವರನ್ನು ಕೆಲವರು ರಷ್ಯಾದೇಶದ

ಏಜೆಂಟರು ಎಂದು ಕರೆದರು. ಅವರಿಗೆ ಅವರ ಮೊದಲನೆ ಹೆಂಡತಿಯಮೇಲಿದ್ದ ಕೋಪದ ಕಿಡಿ ಇದು ಎಂದು ಮತ್ತೆ ಕೆಲವರು ಆಡಿಕೊಂಡರು. ಇದಾವುದರಿಂದಲು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ವಿಚಲಿತರಾಗಲಿಲ್ಲ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೆ ಜಿಯೊನಿಸ್ಟ್ ಚಳುವಳಿಯ ಮೂಲ ಉದ್ದಿಶ್ಯದಲ್ಲು ಅಂಥ ವಿಶ್ವಾಸ ಇರಲಿಲ್ಲ. ಯೂರೋಪಿನಲ್ಲಿ ಸರಿಯಾದ ಅವಕಾಶ ಸಿಕ್ಕದೆ ದುಸ್ಥಿತಿಗೆ ಈಡಾಗುತ್ತಿದ್ದ ಬುದ್ಧಿವಂತ ಯಹೂದಿ ತರುಣರಿಗಾಗಿ ಜರೂಸಲೇಮಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುವುದು ಅವರ ಆಸೆ ಆಗಿತ್ತು. ಇದರಿಂದ ಅವರು ಜಿಯೊನಿಸ್ಟ್ ನಾಯಕ ಚೈಮ್‌ವೀಸ್‌ಮನ್ ಅವರ ಸಂಗಾತಿಗಳಾದರು.

ಯಹೂದಿಗಳನ್ನು ಕಂಡರೆ ಜರ್ಮನರಿಗೆ ಆಗುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ. ಯುದ್ಧದಲ್ಲಿ ಸೋತ ಮೇಲೆ ಅವರಿಗೆ ಯಹೂದಿಗಳ ಮೇಲಿದ್ದ ದ್ವೇಷ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿತ್ತು. ಇದರ ಬಿಸಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗು ತಟ್ಟಿತು. ಲೆನಾರ್ಡ್, ಸ್ಟಾರ್ಕ್ ಮುಂತಾದ ಜರ್ಮನ್ ಪ್ರೊಫೆಸರುಗಳು ಇವರ ವಿರುದ್ಧ ಪ್ರಚಾರ ಕೈಗೊಂಡರು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಒಂದು ದೇಶಕ್ಕಾಗಲಿ, ಒಂದು ಜನಾಂಗದ ಗುಂಪಿಗಾಗಲಿ ಕೊನೆಗೆ ಅವರ ಸ್ನೇಹಿತರು ಮತ್ತು ಸಂಸಾರಕ್ಕಾಗಲಿ ಸೇರಿದವರಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಅವರನ್ನು ಸಮಾಜದೊಂದಿಗೆ ಬಂಧಿಸಿದ್ದ ಕಟ್ಟು ಜನರ ಸಂಕಷ್ಟಗಳನ್ನು ನಿವಾರಿಸಲು ಅವರಿಗಿದ್ದ ಆಂತರಿಕ ಕಾಳಜಿ. ನ್ಯಾಯವಾದುದನ್ನು ಎತ್ತಿಹಿಡಿಯಲು ಅವರು ಯಾವ ಬೆಲೆಯನ್ನು ತೆರಲೂ ಸಿದ್ಧರಾದರು, ಯುದ್ಧವನ್ನು ಖಂಡಿಸಿದರು, ಶೋಷಣೆಯ ವಿರುದ್ಧ ಬಂಡೆದ್ದರು ಬುದ್ಧಿ ಜೀವಿಗಳನ್ನು ಸಂಘಟಿಸಿ ಪ್ರತಿಭಟನೆಗೆ ಜೀವತುಂಬಿದರು.

ಪ್ರವಾಸ: ಜಿಯೊನಿಸ್ಟ್ ಚಳುವಳಿಯಲ್ಲಿ ಪಾಲುಗೊಳ್ಳಲು ನಿರ್ಧರಿಸಿದ ವರ್ಷವೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಚೈಮ್‌ವೀಸ್‌ಮನ್ ಜೊತೆಗೂಡಿ ಅಮೆರಿಕ ಪ್ರವಾಸ ಕೈಗೊಂಡರು. ಆ ದೇಶದಲ್ಲಿದ್ದ ಶ್ರೀಮಂತ ಯಹೂದಿಗಳ ಸಹಾನುಭೂತಿಯನ್ನೂ, ಆರ್ಥಿಕ ನೆರವನ್ನೂ ಸಂಪಾದಿಸುವುದು ಅವರ ಪ್ರವಾಸದ ಗುರಿಯಾಗಿತ್ತು. ಯಹೂದಿಗಳಿಗೆ ವೀಸ್‌ಮನ್ ಮತ್ತು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಜೋಡಿ ಅವರಿಗೆ ಬೇಕಾಗಿದ್ದ ರಾಜಕೀಯ ಮತ್ತು ಆಧ್ಯಾತ್ಮಿಕ ನಾಯಕತ್ವವನ್ನು ಒದಗಿಸಿಕೊಟ್ಟಿತು.

ಜಿಯೊನಿಸ್ಟ್ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳಿಂದ ಬಿಡುವುಮಾಡಿಕೊಂಡು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯಗಳಲ್ಲು ಮಾತಾಡಿದರು. ಎಲ್ಲ ಕಡೆಯು ಸಾರ್ವಜನಿಕರು ಅವರನ್ನು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಮೂರು ಪ್ರಶ್ನೆ ಕೇಳುತ್ತಿದ್ದರು: (1) "ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ತಿರುಳನ್ನು ಕೆಲವೆ ವಾಕ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸುವುದು ಹೇಗೆ?" ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರ ಹೇಳುವುದು ಸುಲಭವಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಪದೇ ಪದೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಎದುರಿಸುತ್ತಿದ್ದುದರಿಂದ ಅದಕ್ಕೆ ಉತ್ತರ ಸಿದ್ಧಪಡಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದರು. "ನೀವು ನನ್ನ ಮಾತಿಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಬೆಲೆ ಹಚ್ಚದೆ ಇದ್ದರೆ, ಮತ್ತು ನನ್ನ ಮಾತನ್ನು ಒಂದು ತಮಾಷೆ ಎಂದುಕೊಂಡರೆ ನಾನು ಹೀಗೆ ಹೇಳಬಲ್ಲೆ. ಮೊದಲು ಈ ಜಗತ್ತಿನಿಂದ ದ್ರವ್ಯ

ವೆಲ್ಲ ಅದೃಶ್ಯವಾದರೆ ಕಾಲ ಮತ್ತು ಆಕಾಶ ಉಳಿಯುತ್ತವೆ ಎಂಬ ನಂಬಿಕೆ ಇತ್ತು. ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ಕಾಲ, ಮತ್ತು ಆಕಾಶ ಎರಡೂ ದ್ರವ್ಯದೊಂದಿಗೆ ಅದೃಶ್ಯವಾಗುತ್ತವೆ," ಎಂದು ಅವರು ಉತ್ತರ ಹೇಳುತ್ತಿದ್ದರು. (2) "ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ನಿಮ್ಮ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಂಡಿರುವವರು ಕೇವಲ ಹನ್ನೆರಡು ಮಂದಿ ಎಂಬ ಸುದ್ದಿ ಇದೆ. ಇದು ನಿಜವೆ?" ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ತಾವೆಂದೂ ಹಾಗೆ ಹೇಳಿಲ್ಲವೆಂದು ಉತ್ತರ ಕೊಡುತ್ತಿದ್ದರು. ತಾವು ಪಾಠ ಹೇಳಿಕೊಡುವ ಕಡೆ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಅದು ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತಿದೆ ಎಂದೂ ಅವರು ತಿಳಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. (3) "ಸಾರ್ವಜನಿಕರಿಗೆ ನಿಮ್ಮ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಬಗ್ಗೆ ಇಷ್ಟೇಕೆ ಉತ್ಸಾಹ ಇದೆ? ಅವರಿಗೇನು ಅರ್ಥವಾಗುವಂಥದಲ್ಲವಲ್ಲ ಇದು?" ಇದಕ್ಕೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ನೇರವಾದ ಉತ್ತರ ಕೊಡುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ; ಹಾಸ್ಯದ ಚಟಾಕಿ ಹಾರಿಸಿ ಅದರಿಂದ ಜಾರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಿದ್ದರು.



ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಪತ್ರಕರ್ತರೊಂದಿಗೆ (1930)

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರನ್ನು "ವಿಜ್ಞಾನದ ಕೊಲಂಬಸ್" ಎಂದು ಕರೆದು ಅಮೆರಿಕದ ಜನ ಅವರಿಗೆ ಅತ್ಯಂತ ಗೌರವ ತೋರಿಸಿದರು. ಮೇ 9ರಂದು ಪ್ರಿನ್‌ಸ್ಟನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ ಅವರಿಗೆ ಗೌರವ ಪದವಿ ನೀಡಿ ಸನ್ಮಾನಿಸಿತು. ತಾವು ಹೋದಲ್ಲೆಲ್ಲ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ತರಗತಿಗಳಿಗೆ ಭೇಟಿಕೊಟ್ಟು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳೊಡನೆ ಸ್ನೇಹದಿಂದ ಮಾತಾಡಿದರು, ಅವರ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಬಿಡಿಸಲು ಕಾತರ ತೋರಿಸಿದರು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಇಂಗ್ಲೆಂಡಿಗೆ ಹೋದರು, ಫ್ರಾನ್ಸಿಗೆ ಹೋದರು,



ಡಾ|| ಓಪನ್‌ಹೀಮರ್ ಅವರೊಂದಿಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಚರ್ಚೆಯಲ್ಲಿ ಮಗ್ನರಾಗಿರುವುದು

ಯೂರೋಪಿನಲ್ಲೆಲ್ಲ ಸುತ್ತಾಡಿದರು, ಜಪಾನಿಗೆ ಹೋದರು, ಹಿಂದಿರುಗಿ ಬರುವಾಗ ಪ್ಯಾಲೆಸ್ಟೈನನ್ನು ನೋಡಿಬಂದರು, ಹೋದಕಡೆಯೆಲ್ಲ ಅವರು ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಬಗ್ಗೆ ಮಾತಾಡಿದರು, ಮನುಷ್ಯನ ಆತ್ಮಾಭಿಮಾನದ ಬಗ್ಗೆ ಮಾತಾಡಿದರು. ಅವರ ಕೀರ್ತಿಯೂ ಬೆಳೆಯಿತು, ಅವರ ಶತ್ರುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಬೆಳೆಯಿತು.

ಬರ್ಲಿನ್ನಿಂದ ನಿರ್ಗಮನ: ಲೊರೆನ್ಟ್ಸ್, ಪ್ಲಾಂಕ್, ಅರ್ನ್‌ಫೆಸ್ಟ್, ನರ್ನ್‌ಸ್ಟ್ ಮುಂತಾದ ಗಣ್ಯವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಸ್ನೇಹ ಇದ್ದಾಗ್ಯೂ ಜರ್ಮನಿಯಲ್ಲಿ, ಯೂರೋಪಿನಲ್ಲಿ, ಇನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲ ಉಳಿಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ ಎಂಬ ಭಾವನೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಲ್ಲಿ ಮೂಡಿತು. ಯಹೂದಿಗಳನ್ನು ಎಲ್ಲ ಕಡೆ ಬೇಟೆಯಾಡುವುದು ಅವರ ಗಮನಕ್ಕೆ ಬಂದು ಅದರಿಂದ ಅವರಿಗೆ ತುಂಬ ನೋವಾಯಿತು.

ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಭಾಷಣ ಮಾಡಲು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅಮೆರಿಕಕ್ಕೆ ಹೋಗಿಬಂದರು. ಪ್ರಿನ್‌ಸ್ಟನ್ ಮತ್ತು ಬರ್ಲಿನ್ನುಗಳ ನಡುವೆ ಕಾಲವನ್ನು ಹಂಚಿಕೊಂಡು ಕೆಲಸಮಾಡುವ ಒಂದು ಯೋಜನೆಯು ಅವರ ತಲೆಯಲ್ಲಿತ್ತು. ಆದರೆ 1933ರಲ್ಲಿ ಹಿಟ್ಲರ್ ಅಧಿಕಾರಕ್ಕೆ ಬಂದ. ಆಗ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಜರ್ಮನಿಯಲ್ಲಿರಲಿಲ್ಲ. ಅವರು ಬೆಲ್ಜಿಯಮ್ಮಿನ ಸಮುದ್ರತಡಿಯ ಒಂದು ಹಳ್ಳಿಯಲ್ಲಿ ವಾಸ್ತವ್ಯಹೂಡಿದರು. ಅದು ನಿರಾಶ್ರಿತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಒಂದು ರಕ್ಷಣೆ ತಾಣವಾಯಿತು. ನಾಜಿಗಳು ಅಲ್ಲಿಗೆ ನುಗ್ಗಿಬಂದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರನ್ನು ಕೊಲೆಮಾಡಬಹುದೆಂಬ ಸುದ್ದಿ ಹಬ್ಬಿತು.

ಅಲ್ಲಿಂದ ಅವರು ಅಕ್ಟೋಬರ್ ತಿಂಗಳಲ್ಲಿ ಪತ್ನೀಸಮೇತ ಅಮೆರಿಕಕ್ಕೆ ಪ್ರಯಾಣ ಮಾಡಿದರು.

ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್ನಿನಲ್ಲಿ: ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯ ತಾಂತ್ರಿಕ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಅತಿಥಿ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರಾಗಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ತಂಗಿದ್ದಾಗಲೆ (1932) ಅಬ್ರಹಾಮ್ ಫ್ಲೆಕ್ಸ್ನರ್ ಅವರನ್ನು ಕಂಡು ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್ನಿನ ಮುಂದುವರಿದ ವ್ಯಾಸಂಗಕೇಂದ್ರದ (Centre for Advanced Studies) ರೂಪು ರೇಖೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಚರ್ಚೆ ನಡೆಸಿದ್ದರು. ಮುಂದೆ ಅವರು ಬರ್ಲಿನ್ನಿಗೆ ಭೇಟಿಕೊಟ್ಟಾಗ (1933) ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರನ್ನು ಕಂಡು ಮಾತು ಮುಂದುವರಿಸಿದರು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಮುಂದುವರಿದ ವ್ಯಾಸಂಗ ಕೇಂದ್ರವನ್ನು ಸೇರುವ ತೀರ್ಮಾನ ಆದದ್ದು ಈ ಭೇಟಿ ನಡೆದ ಮೇಲೆ.

ಕೈಸರ್ ವಿಲ್‌ಹೆಲ್ಮ್ ಸಂಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಯಾವ ಕೆಲಸ ಇತ್ತೊ ಅಂಥದೆ ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್ನಿನಲ್ಲು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಪಾಲಿಗೆ ಬಂದಿತು. ಬರಿ ಸಂಶೋಧನೆಗಾಗಿ ಸಂಬಳ ಪಡೆಯುವುದು ಅವರಿಗೆ ಹಿಡಿಸಿರಲಿಲ್ಲ. "ಹೊಸ ಹೊಸ ಕಲ್ಪನೆಗಳು ಯಾವಾಗಲು ಮೂಡುವುದಿಲ್ಲ. ಇಕ್ಕಟ್ಟಿಗೆ ಸಿಕ್ಕಿಕೊಂಡು ಯಾರೆ ಆದರು ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಬಾರದ ಲೇಖನಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಉಪಾಧ್ಯಾಯನಿಗಾದರೆ ಇಂಥ ಸಂಕಟ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಪಾಠ ಹೇಳುವುದರಿಂದ ಅವನು ಸಮಾಜದ ಋಣವನ್ನು ಇನಿತಾದರು ತೀರಿಸಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಬಿಡುವಿನ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಅವನು ಆತ್ಮ ತೃಪ್ತಿಗಾಗಿ ಸಂಶೋಧನೆ ನಡೆಸಬಹುದು" —ಹೀಗೆ ಅವರು ಆಲೋಚಿಸುತ್ತಿದ್ದರು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರದು ವಿಭಜಿತ ಪ್ರಕೃತಿ; ಅವರಿಗೆ ಸಾಮಾಜಿಕ ಬದುಕಿನ ಕಾಳಜಿಯು ಇತ್ತು, ಗುಂಪಿನಿಂದ ದೂರಸರಿದು ಒಂಟಿಯಾಗಿ ನಿಲ್ಲುವ ಒಲವೂ ಇತ್ತು. ಇದರಿಂದ ಅಕಾಡಮಿಕ್ ಪೈಪೋಟಿಗೆ ಇಳಿಯದೆ ಅವರು ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್ನಿನಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಅಂಟಿಕೊಂಡರು. ಇಲ್ಲಿ ಮೂರು ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಅವರು ತಮ್ಮ ಮುಂದೆ ಬರೆದುಕೊಂಡರು. ಒಂದು 1905, 1912 ಮತ್ತು 1919ರಲ್ಲಿ ತಾವು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ್ದ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ತರ್ಕಬದ್ಧ ಏಕತೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸುವುದಾಗಿತ್ತು. ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮಗಳ ಆಕಾಶ-ಕಾಲ ಧಾರೆಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಕಣ ಜ್ಯಾದಾಯ (geodesic) ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಚಿತ್ರ ದ್ರವ್ಯ ಮತ್ತು ಬಲಕ್ಷೇತ್ರ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರಾಚಲಗಳೆಂದು ತಿಳಿದುದರಿಂದ ಮೂಡಿದ್ದು. ಆದರೆ ದ್ರವ್ಯ ಮತ್ತು ಬಲಕ್ಷೇತ್ರ ಬೇರೆಬೇರೆಯಲ್ಲ ಎಂಬ ತಿಳಿವು ಮೂಡಲು ನಾವು ಸ್ವಲ್ಪ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ನೋಡಬೇಕು. ಆಗ ದ್ರವ್ಯಕಣದ ಚಲನೆ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ಬಲಕ್ಷೇತ್ರದ ಬದಲಾವಣೆ ಎಂಬುದು ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ. ಬರ್ಲಿನ್ನಿನಲ್ಲಿ ಇದ್ದಾಗಲೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಹೀಗೆ ಆಲೋಚಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್ನಿಗೆ ಬಂದ ಮೇಲೆ ಅದಕ್ಕೆ ತಕ್ಕ ಗಣಿತ ರೂಪವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು. ಎರಡನೆಯದು ಅವರು ಮೊದಲಿಗೆ ಬೆಳೆಸಿದ ಕ್ವಾಂಟಂ ಬಲವಿಜ್ಞಾನದ ಅಸ್ವಾಭಾವಿಕತೆಯನ್ನು ಬೆಳಕಿಗೆ ತಂದು ಅದನ್ನು

ತರ್ಕಬದ್ಧ ಗೊಳಿಸುವುದಾಗಿತ್ತು. ಐಸನ್‌ಬರ್ಗ್ ಅವರ ಅನಿಶ್ಚಿತ ನಿಬಂಧನೆ (Uncertainty Principle) ಅವರಿಗೆ ಎಂದೂ ಹಿಡಿಸಿರಲಿಲ್ಲ. ಈ ನಿಬಂಧನೆ ವೀಕ್ಷಕ ಮತ್ತು ವೀಕ್ಷಿತಗಳ ನಡುವಿನ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದಾಗಿದ್ದು ಭೌತ ಸತ್ಯಾಂಶವನ್ನು ತಿಳಿಸುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ಅವರು ವಾದಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. "ದೇವರು ಪಗಡೆ ದಾಳಗಳನ್ನು ಎಸೆಯುವುದಿಲ್ಲ", ಎಂದು ಅವರು ನೀಲ್ಸ್‌ಬೋರ್ ಮುಂತಾದವರನ್ನು ಮೂದಲಿಸುತ್ತಿದ್ದುದು ಈ ಮನೋಧರ್ಮದಿಂದಲೆ. ಆದರೆ ಈ ಹೋರಾಟದಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಒಂಟಿಯಾಗಿ ನಿಂತರು. ಮೂರನೆಯದು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸುವ ಸಂಘಟಿತ ಕ್ಷೇತ್ರಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮಂಡನೆ ಆಗಿತ್ತು. ಇಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಸಾಧಿಸಿದ್ದು ಹೆಚ್ಚಿನದಲ್ಲವಾದರು, ಅವರು ತೋರಿಸಿದ ಮಾರ್ಗ ಅಸಾಧಾರಣವಾದುದು.

ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬು ಮತ್ತು ವಿಶ್ವಶಾಂತಿ: ಫ್ಯಾಸಿಸ್ಟರ ಮತ್ತು ನಾಜಿಗಳ ದೌರ್ಜನ್ಯಕ್ಕೆ ಗುರಿಯಾಗಿ ದೇಶತ್ಯಾಗಮಾಡಿ ಅಮೆರಿಕದಲ್ಲಿ ನೆಲೆಸಿದ್ದ ಅನೇಕ



ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸೈಕಲ್ ಸವಾರಿಯಲ್ಲಿ

ಮಂದಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಜರ್ಮನ್ ಸೈನಿಕರ ಕೈಗೆ ಮೊದಲು ಪರಮಾಣುಬಾಂಬು ಸಿಕ್ಕಬಹುದೆಂದು ಭೀತರಾಗಿದ್ದರು. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ವಿದಳನ ಕ್ರಿಯೆಯ ಆವಿಷ್ಕಾರ ಆದದ್ದು ಜರ್ಮನಿಯಲ್ಲಿ; ಆ ದೇಶದಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಮಂದಿ ಸಮರ್ಥ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳೂ ಇದ್ದರು. ಅಂಥ ಅನಾಹುತಕ್ಕೆ ಎಡೆಯಾಗಬಾರದೆಂದು ಲಿಯೊಜಿಲಾರ್ಡ್, ಎನ್ರಿಕೊ ಫರ್ಮಿ ಮತ್ತು ಯೂಜಿನ್ ವಿಗ್ನರ್ ಅವರು ಜೊತೆಗೂಡಿ ಹೇಗಾದರು ಮಾಡಿ ಅಮೆರಿಕ ಸರ್ಕಾರ ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬು ತಯಾರಿಕೆಗೆ ಮುಂದಾಗುವಂತೆ ಪ್ರೇರೇಪಿಸ ಬೇಕೆಂದು ಆಲೋಚಿಸಿದರು. ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬಿನ ತಯಾರಿಕೆಯ ಸಾಧ್ಯತೆಯಲ್ಲಿ ಅವರಿಗೆ ಆಗಲೆ ನಂಬಿಕೆ ಬೆಳೆದಿತ್ತು. ಸರ್ಕಾರದೊಂದಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕ ಬೆಳೆಸಲು ಅವರು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಸಹಾಯವನ್ನು ಕೋರಿದರು. ನಾಜಿ ಜರ್ಮನಿಯ ಕೈಗೆ ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬು ಸಿಕ್ಕಬಾರದೆಂದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗು ಅನ್ನಿಸಿತು. ಅವರು 1939ರ ಆಗಸ್ಟ್ 2ರಂದು ಅಧ್ಯಕ್ಷ ರೂಸ್‌ವೆಲ್ಟ್ ಅವರಿಗೆ ಒಂದು ಪತ್ರ ಬರೆದು ಅಮೆರಿಕ ಸರ್ಕಾರ ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬಿನ ತಯಾರಿಕೆಗೆ ಮುಂದಾಗಬೇಕೆಂದು ಒತ್ತಾಯ ಪಡಿಸಿದರು. ಮಾನ್‌ಹಾಟನ್ ಜಿಲ್ಲೆಯ ಉದಯಕ್ಕೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಬರೆದ ಈ ಪತ್ರವೆ ಮೂಲಪ್ರೇರಣೆ.

1945ರ ಆಗಸ್ಟ್ 6ರಂದು ಯುರೇನಿಯಂ–235ರ ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬು ಹಿರೋಷಿಮ ನಗರದ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಸಿಡಿಯಿತು. ನಾಗರೀಕ ಜೀವನಕ್ಕೆ ಅಪಾಯ ತಟ್ಟದಂತೆ ಬಾಂಬನ್ನು ಸಿಡಿಸಬೇಕೆಂದು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮಾಡಿದ್ದ ಪ್ರಾರ್ಥನೆ ವ್ಯರ್ಥ ವಾಯಿತು. ಪರಮಾಣುಬಾಂಬಿನ ವಿಧ್ವಂಸಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಂಡು ಇಡೀ ಜಗತ್ತೆ ನಡುಗಿತು. 1300 ಗಜ ವ್ಯಾಸದಲ್ಲಿದ್ದ ಎಲ್ಲ ಮನೆಗಳು ಕರಗಿ ಹೆಪ್ಪುಗಟ್ಟಿದವು. ವಿಕಿರಣಮೋಡ ಜಪಾನಿನ ಮೇಲೆ ಹರಡಿತು. ಈ ಕತ್ತಲೆಯಲ್ಲಿ ಜಪಾನಿಯರು ತೊಳಲುತ್ತಿರುವಾಗಲೆ ಒಂಬತ್ತರಂದು ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ–239ರ ಬಾಂಬು ನಾಗಸಾಕಿ ನಗರದ ಮೇಲೆ ಸಿಡಿಯಿತು. ಮಿಲಿಟರಿ ಅಧಿಕಾರಿಗಳ ಕೈಗೆ ಬಾಂಬು ಸಿಕ್ಕಿದ ಮೇಲೆ ಅದನ್ನು ಸಿಡಿಸದಂತೆ ತಡೆಯುವುದು ದುಸ್ಸಾಧ್ಯ ಎಂದು ಎಲ್ಲ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗು ಮನವರಿಕೆ ಆಯಿತು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಈ ದುಷ್ಕೃತ್ಯಗಳಿಗೆಲ್ಲ ತಾವೆ ಕಾರಣರೆಂದು ಮರುಗಿದರು. ಅಮೆರಿಕದಲ್ಲಿ ನೆಲಸಿದ್ದ ನಿರಾಶ್ರಿತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಸಹಾಯವಿಲ್ಲದೆಯೂ ಆ ದೇಶದ ಸರ್ಕಾರಕ್ಕೆ ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬಿನ ತಯಾರಿಕೆಯ ಅವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನು ಮನವರಿಕೆ ಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತಿದ್ದರು. ಇತಿಹಾಸದ ಈ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಕೇವಲ ನೆಪವಾದರು ಅಷ್ಟೆ.

ಒಳ್ಳೆಯ ಮನಸ್ಸಿನಿಂದ ಅಂಗೀಕರಿಸುವ ಠರಾವುಗಳಿಂದಲೆ ವಿಶ್ವಶಾಂತಿ ಸ್ಥಾಪನೆ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ, ಮನುಷ್ಯನ ಭವಿತವ್ಯ ನೆಟ್ಟಗಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಎಂದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ತಿಳಿದಿದ್ದರು. ಆದುದರಿಂದಲೆ ಅವರು ಜಿಯೊನಿಸ್ಟ್ ಚಳುವಳಿಯಲ್ಲಿ ಸಕ್ರಿಯವಾಗಿ ಭಾಗವಹಿಸಿದ್ದು, ಯಾವ ವಿಪತ್ತಿಗು ತಲೆಕೊಡಲು ಸಿದ್ಧವಾಗಿ ಅವರು ಲಿನಸ್

ಪಾಲಿಂಗ್, ಬರ್ಟ್ರ್ಯಾಂಡ್ ರಸೆಲ್ ಮುಂತಾದ ಶಾಂತಿವಾದಿಗಳೊಂದಿಗೆ ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬುಗಳ ತಯಾರಿಕೆಯ ವಿರುದ್ಧ ಪ್ರತಿಭಟಿಸಿದ್ದು. ಅಮೆರಿಕ ಮತ್ತು ರಷ್ಯ ಸರ್ಕಾರಗಳೆರಡೂ ಅವರನ್ನು ಅನುಮಾನದಿಂದ ಕಂಡವು. ಯಾವುದರಿಂದಲು ಅವರು ಎದೆಗುಂದಲಿಲ್ಲ, ತಾವು ತುಳಿದ ಹಾದಿಯಿಂದ ಹಿಮ್ಮೆಟ್ಟಲಿಲ್ಲ. ವಿಶ್ವಶಾಂತಿ ದೂರ ವಾಗಿಯೆ ಉಳಿದಿದ್ದರೂ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ತೋರಿಸಿದ ಮಾರ್ಗ ಇಂದಿಗು ಸ್ವೀಕೃತವಾಗಿಯೆ ಇದೆ.

ಕೊನೆಯ ದಿನಗಳು: ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಎರಡನೆ ಹೆಂಡತಿ ಎಲ್ಸ 1936ರಲ್ಲಿ ತೀರಿಕೊಂಡಳು. ಆಕೆಗೆ ಜರ್ಮನಿಯ ಬಗ್ಗೆ ತುಂಬ ಒಲವಿತ್ತು. ಮಿಲೀವ ಸ್ವಿಟ್ಸರ್‌ಲೆಂಡಿನಿಂದ ಹೊರಗೆ ಬರಲೆ ಇಲ್ಲ. ಅವರ ಎರಡನೆಯ ಮಗ ಮತಿವಿಕಾರದಿಂದ ಹುಚ್ಚರ ಆಸ್ಪತ್ರೆ ಸೇರಿದ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೆ ಇದರಿಂದ ತುಂಬ ಆಘಾತ ವುಂಟಾಯಿತು. ಮೊದಲನೆಯ ಮಗ ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯ ತಾಂತ್ರಿಕಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕನಾಗಿದ್ದಾನೆ. ಬಲಮಕ್ಕಳಲ್ಲಿ ಒಬ್ಬಳು ಜರ್ಮನಿಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟ ತರುಣದಲ್ಲೆ ಸತ್ತಳು. ಉಳಿದವಳು ಮಾರ್‌ಗಾಟ್, ಚತುರ ಶಿಲ್ಪಿಯಾಗಿದ್ದ ಈಕೆ ಗಂಡನಿಂದ ವಿವಾಹವಿಚ್ಛೇದನ ಪಡೆದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರೊಂದಿಗೆ ವಾಸವಾಗಿದ್ದಳು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ತಂಗಿ ಮಾಜ ಕೂಡ ಬಹಳ ಕಾಲ ಅವರೊಂದಿಗೆ ಇರುತ್ತಿದ್ದಳು. ಆ ಸಂಸಾರದಲ್ಲಿದ್ದ ಮತ್ತೊಬ್ಬ ಹೆಂಗಸು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಕಾರ್ಯದರ್ಶಿ ಹೆಲೆನ್ ಡ್ಯೂಕಾಸ್. 1940ರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್, ಮಾರ್‌ಗಾಟ್ ಮತ್ತು ಹೆಲೆನ್ ಡ್ಯೂಕಾಸ್ ಅಮೆರಿಕ ದೇಶದ ಪೌರತ್ವವನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸಿದ್ದರು.

1945ರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ತಮ್ಮ ಹುದ್ದೆಯಿಂದ ನಿವೃತ್ತರಾದರು. ಇದರಿಂದ ಮುಂದುವರಿದ ಅಧ್ಯಯನ ಕೇಂದ್ರದೊಂದಿಗೆ ಅವರಿಗಿದ್ದ ಸಂಬಂಧವೇನು ತಪ್ಪಲಿಲ್ಲ, ಅವರನ್ನು ಕಾಣಲು ಬರುತ್ತಿದ್ದವರ ಸಂಖ್ಯೆ ಕಡಿಮೆಯೇನು ಆಗಲಿಲ್ಲ. ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಸಾಹಿತಿಗಳು ಎಲ್ಲರೂ ಅವರನ್ನು ಕಂಡು ವಿಚಾರ ವಿನಿಯಮ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಕಾತರ ರಾಗಿದ್ದರು. ಅವಿಶ್ರಾಂತ ಚಿಂತನೆ, ಜಿಜ್ಞಾಸೆ, ಸಾಂಸಾರಿಕ ಜೀವನದ ಆಘಾತ, ವೈಫಲ್ಯ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರನ್ನು ಕುಗ್ಗಿಸಿದವು, ಅವರ ಶರೀರ ಪ್ರಕೃತಿ ಛಿದ್ರ ವಾಯಿತು. ಇಪ್ಪತ್ತನೆ ಶತಮಾನದ ನ್ಯೂಟನ್, ಭೌತವಿಜ್ಞಾದ ಮಹಾ ಜ್ಯೋತಿ 1955ರ ಏಪ್ರಿಲ್ 18ರಂದು ಅಸ್ತಮಿಸಿತು.

ಸಂಘಟಿತಕ್ಷೇತ್ರ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಕನಸಾಗಿತ್ತು. ಅದು ಇಂದಿಗು ನನಸಾಗಿಲ್ಲ. ಸಿದ್ಧಾಂತಿಗಳ ಸ್ವರ್ಗವಾಗಿದ್ದ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಈಗ ಪ್ರಯೋಗ ಗಳಿಗೂ ಎಟುಕುತ್ತಿದೆ. ಹಿಂದೆ ಈ ಪ್ರಕಾರದಲ್ಲಿ ಆಗೊಂದು ಈಗೊಂದು ಸಂಶೋಧನ ಲೇಖನಗಳು ಪ್ರಕಟವಾಗುತ್ತಿದ್ದವು, ಈಗ ಪ್ರತಿವರ್ಷ 600ರಿಂದ 700 ಲೇಖನಗಳು ಪ್ರಕಟವಾಗುತ್ತಿವೆ. ಕಾಲಕಳೆದಂತೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಭವಿಷ್ಯನುಡಿಗಳೆಲ್ಲ ನಿಜ ವಾಗುತ್ತಲೆ ಬಂದಿವೆ; ಅವರ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಲ್ಲಿ ಬಿಟ್ಟಿದ್ದ ಬಿರುಕುಗಳು ಮುಚ್ಚಿ

ಕೊಳ್ಳುತ್ತಲು ಇವೆ. ಆದರೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಮಾತ್ರ ಯಾವ ಸಿದ್ಧಾಂತವೆ ಆಗಲಿ ಅಂತಿಮವಾದುದಲ್ಲ, ಅನಂತಕಾಲದವರೆಗೆ ಶೋಧನೆ ನಡೆಯುತ್ತಲೆ ಇರುತ್ತದೆ ಎಂದು ನಂಬಿದ್ದರು. ಇದು ಅವರು ಬದುಕಿನಿಂದ ಕಲಿತ ಪಾಠ.



ಪ್ರಮಾಣವಚನ ಸ್ವೀಕಾರ ಸಮಾರಂಭದಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವಾಣಿ

ಗಾಂಧೀಜಿಯವರನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ 2–10–1939ರಂದು ನೀಡಿದ ಹೇಳಿಕೆ: ತನ್ನ ಜನತೆಯ ನಾಯಕ. ಯಾವುದೇ ಬಾಹ್ಯಬಲದ ಬೆಂಬಲವಿರದಾತ; ಈ ರಾಜಕಾರಣಿಯು ಯಶಸ್ಸು ಚಮತ್ಕಾರವನ್ನಾಗಲಿ ತಾಂತ್ರಿಕ ಕೌಶಲಗಳಲ್ಲಿ ಗಳಿಸಿರುವ ಪ್ರಾವೀಣ್ಯವನ್ನಾಗಲಿ ಅವಲಂಬಿಸಿಲ್ಲ, ಬದಲು, ಮನವೊಲಿಸಬಲ್ಲ ಸ್ವಂತ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ; ಬಲಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಸದಾ ತಿರಸ್ಕರಿಸಿದ ಯಶಸ್ವೀ ಹೋರಾಟಗಾರ; ವಿವೇಕ ವಿನೀತತೆಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ಪುರುಷ; ದೃಢ ನಿರ್ಧಾರ ಮತ್ತು ಅಚಲ ಸ್ಥೈರ್ಯದಿಂದ ಸಜ್ಜುಗೊಂಡು ಸಕಲ ತ್ರಾಣವನ್ನೂ ತನ್ನ ಜನರ ಉದ್ಧಾರ ಹಾಗೂ ಸ್ಥಿತಿಗತಿಗಳ ಸುಧಾರಣೆಗಾಗಿ ಅರ್ಪಿಸಿದಾತ; ಯೂರೋಪಿನ ಅಮಾನುಷ ಕ್ರೌರ್ಯವನ್ನು ಸರಳ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಗಾಂಭೀರ್ಯದಿಂದ ಎದುರಿಸಿ ಎಲ್ಲ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಶ್ರೇಷ್ಠತೆಯಿಂದ ಕಂಗೊಳಿಸಿದಾತ.

ಇಂಥವನೊಬ್ಬ ಎಂದಾದರೂ ಈ ನೆಲದ ಮೇಲೆ ರಕ್ತಮಾಂಸಭರಿತನಾಗಿ ಅಡ್ಡಾಡಿದುದು ನಿಜವಿರಬಹುದೇ ಎಂದು ಮುಂಬರಲಿರುವ ಪೀಳಿಗೆಗಳು ಸಂದೇಹಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯ.

ಅನು : ಜಿ.ಟಿ.ಎನ್.

ಗಾಂಧೀಜಿಯವರಿಗೆ ಡಾ. ಸರ್ವಪಳ್ಳಿ ರಾಧಾಕೃಷ್ಣನ್ ಅವರ ಸಂಪಾದಕತ್ವದಲ್ಲಿ ಅರ್ಪಿಸಲಾದ (1939) ಅಭಿನಂದನ ಗ್ರಂಥದಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಲೇಖನ :

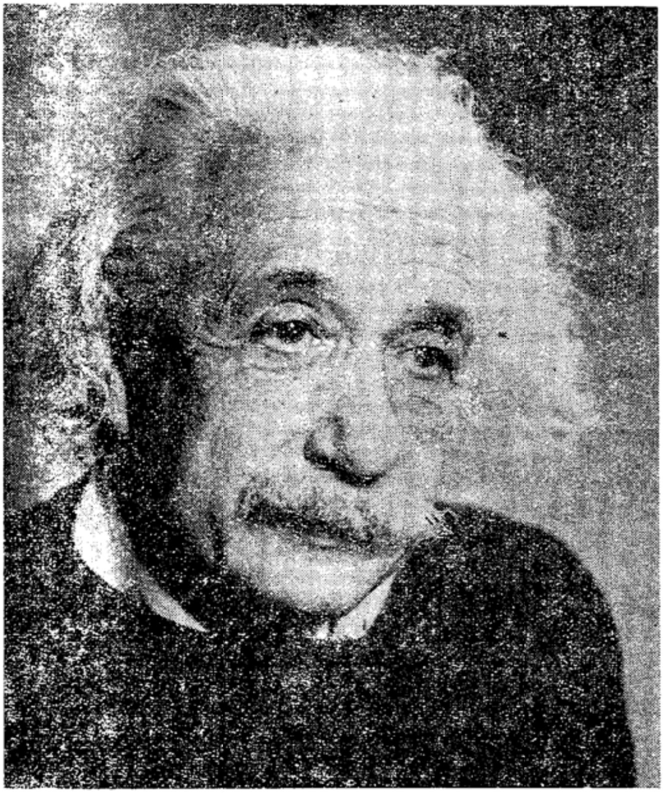
ರಾಜಕೀಯ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಗಾಂಧಿ ಅದ್ವಿತೀಯ. ದಬ್ಬಾಳಿಕೆಗೆ ಈಡಾದ ಜನಸಮೂಹದ ಬಿಡುಗಡೆಯ ಹೋರಾಟಕ್ಕೆ ಇವರೊಂದು ಪೂರ್ಣ ನೂತನ ತಂತ್ರವನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸಿ ಅದನ್ನು ಅಧಿಕ ಶ್ರದ್ಧೆ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಕಾರ್ಯರೂಪಕ್ಕೆ ಇಳಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಪಾಶವೀ ಬಲದ ಮೇಲೆ ಅವಧಾರಣೆ ಹೇರಿರುವ ವರ್ತಮಾನಯುಗದಲ್ಲಿ ನಾಗರಿಕ ಪ್ರಪಂಚದ ಮೂಲಕ ಚಿಂತನಶೀಲ ವ್ಯಕ್ತಿಗಳ ಮೇಲೆ ಗಾಂಧಿ ಬೀರಿರುವ ವರ್ಚಸ್ಸು ಮೇಲುನೋಟಕ್ಕೆ ಕಂಡುಬರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಅದೆಷ್ಟೋ ಹೆಚ್ಚು ಪಾಲು ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾದದ್ದು. ಏಕೆಂದರೆ ರಾಜ್ಯನೀತಿಜ್ಞರ ಕಾರ್ಯ ಅವರು ತಮ್ಮ ವೈಯಕ್ತಿಕ ನಿದರ್ಶನ ಮತ್ತು ಬೋಧಕ ಪ್ರಭಾವಗಳಿಂದ ತಮ್ಮ ಜನರ ನೈತಿಕ ಬಲಗಳನ್ನು ಬಡಿದೆಬ್ಬಿಸುವಷ್ಟರ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಶಾಶ್ವತ.

ನಾವು ಭಾಗ್ಯವಂತರು ಮುಂಬರಲಿರುವ ಪೀಳಿಗೆಗಳಿಗೆ ದಾರಿದೀಪವಾಗಿರುವ ಈ ಸಮಕಾಲೀನ ದಿವ್ಯಜ್ಯೋತಿಯನ್ನು ವಿಧಿ ನಮಗೆ ಅನುಗ್ರಹಿಸಿರುವುದಕ್ಕೆ ನಾವು ಕೃತಜ್ಞರಾಗಿರಬೇಕು.

ಅನು : ಜಿ. ಟಿ. ಎನ್.

ವಿಜ್ಞಾನರಂಗದಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಹೆಸರುಗಳನ್ನು ಶಾಶ್ವತಗೊಳಿಸಿರುವ ಈ ಯುಗದ ಇತರ ಮಹಾವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಕೊಡುಗೆಗಳನ್ನು ಎಳ್ಳಷ್ಟೂ ಕಡೆಗಣಿಸದೆ ಬೇರೆ ಯಾರ ಬಗ್ಗೆಯೂ ಹೇಳಲಾಗದ ಒಂದು ಮಾತನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಬಗ್ಗೆ ಧೈರ್ಯದಿಂದ ಹೇಳಬಹುದು. ಇವರ ಮಾನಸಿಕ ಸಂರಚನೆಯಲ್ಲಿದ್ದ ಏನೋ ಒಂದು ವಿಶೇಷತೆ ಇವರ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವಕ್ಕೆ ಎಣೆ ಇಲ್ಲದ ಮೆರುಗು ನೀಡಿತ್ತು. ಅಳಿಸಿಹೋಗದ ಶಾಯಿಯಿಂದ ಇವರು ತಮ್ಮ ಹೆಸರನ್ನು ವಿಜ್ಞಾನೇತಿಹಾಸದ ಪುಟಗಳಲ್ಲಿ ದಾಖಲಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಈ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಮಾನವ ಉಳಿದಿರುವ ತನಕವೂ ಈ ದಾಖಲೆ ಮಸಕಾಗದು. ಇವರ ಆವಿಷ್ಕಾರಗಳಲ್ಲಿ ಅಲುಗಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಿದ್ಧಿ ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ಆಗಮಿಸುತ್ತವೆ, ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ನಿರ್ಗಮಿಸುತ್ತವೆ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಆದರೋ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸುವುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನದನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದರು. ಇವರು ವಿಶ್ವದ ಮೌನಸ್ವನಗಳನ್ನು ಪರಮಶ್ರದ್ಧೆಯಿಂದ ಆಲಿಸಿ ಅವು ಬಿತ್ತರಿಸುವ ಸಂದೇಶವನ್ನು ಅಚ್ಚಳಿಯದ ಖಚಿತತೆಯಿಂದ ಬರೆದಿಟ್ಟರು. ಭೌತಸನ್ನಿವೇಶವೊಂದನ್ನು ಆವರಿಸಿರುವ ವಿವರಗಳ ಗೊಂದಲದಿಂದ ಇನಿತೂ ವಿಚಲಿತರಾಗದೆ ಅದರ ತಳದಲ್ಲಿ ಹುದುಗಿರುವ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಿ ಸಮಸ್ಯೆಯ ತಿರುಳಿಗೆ ನೇರ ಹೊಗಬಲ್ಲ ಇವರ ಚಿಂತನೆಯ ಧಾಟಿ ಬೆರಗುಗೊಳಿಸುವಂತಿತ್ತು. ಇವರೆಂದೂ ಮೇಲುನೋಟದಿಂದ ಮೋಸ ಹೋಗುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ. ಹೀಗಾಗಿ ಇವರ ತೀರ್ಮಾನಗಳು ನಿರಾಕರಿಸಲಾಗದ ಪರಿಪೂರ್ಣತೆಯಿಂದ ಕೂಡಿರುವಂಥವು ಎಂಬುದಾಗಿ ಅಂಗೀಕೃತವಾಗಿವೆ.

ಕಾರ್ನೀಲಿಯಸ್ ಲ್ಯಾಂಕ್ಜೋಸ್ (ಅನು : ಜಿ. ಟಿ. ಎನ್.)



ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ (1879-1955)

ಯುಗಯುಗಗಳ ಆರುನೂರು ಮಂದಿ ಮಹಾಪುರುಷರ—ಸಂತರ, ತತ್ತ್ವಜ್ಞಾನಿಗಳ, ರಾಜರ—ಆಕೃತಿಗಳು ನ್ಯೂಯಾರ್ಕ್ ರಿವರ್ಸೈಡ್ ಇಗರ್ಜಿಯ ಶ್ವೇತಭಿತ್ತಿಯ ಮೇಲೆ ಕಂಡರಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಸುಣ್ಣಗಲ್ಲಿನಲ್ಲಿ ಅಮರತ್ವ ಪಡೆದು ಶಾಶ್ವತ ಮೂಕ ನೇತ್ರಗಳಿಂದ ಕಾಲ ಮತ್ತು ಆಕಾಶವನ್ನು ಸರ್ವೇಕ್ಷಣೆ ಮಾಡುತ್ತಿವೆ. ಇಲ್ಲಿನ ಒಂದು ಅಂಕಣ ಶತಮಾನಗಳ ಬೀಸಿನಿಂದ ಆಯ್ದ ಹದಿನಾಲ್ಕು ಮಂದಿ ವಿಜ್ಞಾನಸೀಮಾ ಪುರುಷರಿಂದ ಅಲಂಕೃತವಾಗಿದೆ—ಕ್ರಿಸ್ತಪೂರ್ವ 370 ರ ಸುಮಾರಿಗೆ ಗತಿಸಿದ ಹಿಪ್ಪೊಕ್ರೇಟಸನಿಂದ ತೊಡಗಿ ಮಾರ್ಚ್ 1949ರಲ್ಲಿ ಎಪ್ಪತ್ತು ವರ್ಷ ವಯಸ್ಸು ತುಂಬಲಿರುವ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ವರೆಗೆ. ಈ ಚರಿತ್ರಾರ್ಹ ಪುಣ್ಯಶ್ಲೋಕರ

ಶಿಲ್ಪ ಪ್ರದರ್ಶನದಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಒಬ್ಬರೇ ಜೀವಂತ ವ್ಯಕ್ತಿ ಎಂಬುದು ಗಮನಿಸಬೇಕಾದ ಸಂಗತಿ.

ಇಷ್ಟೇ ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ಇನ್ನೊಂದು ಸಂಗತಿ ಎಂದರೆ ಮ್ಯಾನ್‌ಹ್ಯಾಟನ್ನಿನ ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರೇಕ್ಷಣೀಯ ಪ್ರಾಟೆಸ್ಟೆಂಟ್ ಇಗರ್ಜಿಯಲ್ಲಿ ವಾರ ವಾರ ಪೂಜೆಸಲ್ಲಿಸುವ ಸಾವಿರಾರು ಭಕ್ತರ ಪೈಕಿ ಪ್ರಾಯಶಃ ಶೇಕಡ ತೊಂಬತ್ತೊಂಬತ್ತು ಮಂದಿಯೂ ಅಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಪ್ರತಿಮೆ ಏಕೆ ಇದೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಶಕ್ತರಾಗರು ಎಂಬುದು ಕೂಡ. ಒಂದು ತಲೆಮಾರಿನ ಹಿಂದೆ ಆ ಇಗರ್ಜಿಯ ಪ್ರತಿಮಾಶಿಲ್ಪವನ್ನು ಯೋಜಿಸುತ್ತಿದ್ದಾಗ ಡಾ. ಹ್ಯಾರಿ ಎಮರ್ಸನ್ ಫಾಸ್ಡಿಕ್ ಅವರು, ರಾಷ್ಟ್ರದ ಉಚ್ಚ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ತಂಡಕ್ಕೆ, ವಿಜ್ಞಾನೇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಎದ್ದು ಕಾಣುವ ಹದಿನಾಲ್ಕು ಮಂದಿ ಸರ್ವಶ್ರೇಷ್ಠರ ಹೆಸರುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಯಾದಿಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಿ ತನಗೆ ಒಪ್ಪಿಸಬೇಕೆಂದು ಕೋರಿ ಪತ್ರ ಬರೆದರು. ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಂದ ಬಂದ ಆಯ್ಕೆಪಟ್ಟಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಮ್ಮತವಿರಲಿಲ್ಲ. ಹೆಚ್ಚಿನವುಗಳಲ್ಲಿ ಆರ್ಕಿಮಿಡೀಸ್, ಯೂಕ್ಲಿಡ್, ಗೆಲಿಲಿಯೊ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟನ್ ಹೆಸರುಗಳಿದ್ದುವು. ಆದರೆ ಪ್ರತಿಯೊಂದರಲ್ಲಿಯೂ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಹೆಸರು ಮಾತ್ರ ಇದ್ದೇ ಇತ್ತು.

ಲಿಂಕನ್ ಬಾರ್ನೆಟ್
ಅನು: ಜಿ. ಟಿ. ಎನ್.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವಾಣಿ

ಆರನೆಯ ವಯಸ್ಸಿನಿಂದ ಹದಿನಾಲ್ಕರ ತನಕ ನಾನು ಪಿಟೀಲು ಪಾಠ ಹೇಳಿಸಿಕೊಂಡೆ. ಆದರೆ ಯಾಂತ್ರಿಕ ವರಿಸೆಗಳನ್ನು ಮೀರಿ ನಿಂತಿರುವ ಸಂಗೀತ ತಿಳಿದಿರದಿದ್ದ ಶಿಕ್ಷಕರ ಜೊತೆ ನನ್ನ ಅದೃಷ್ಟ ಕುದುರಲಿಲ್ಲ. ನಾನು ಕಲಿಯಲು ನಿಜವಾಗಿ ತೊಡಗಿದ್ದು ಸುಮಾರು ಹದಿಮೂರು ವರ್ಷ ವಯಸ್ಸಿನವನಾದಾಗ ಮಾತ್ರ, ಅದೂ ಮೊಝಾರ್ಟನ ಸೊನಾಟಗಳ [ಮೂರು ಅಥವಾ ನಾಲ್ಕು ಗತಿಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಪಿಯಾನೊ ವಾದ್ಯಕ್ಕಾಗಿ ರಚಿಸಿದ ಪಾಶ್ಚಾತ್ಯ ಸಂಗೀತ ಕೃತಿಗಳು] ಬಗ್ಗೆ ಪ್ರೇಮಾದರ ತಳೆದ ಮೇಲೆಯೇ. ಅವುಗಳ ಕಲಾತ್ಮಕತೆಯನ್ನು ವಿಶಿಷ್ಟ ನಯವನ್ನೂ ಪುನರುತ್ಪಾದಿಸಲು ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯತ್ನ ನನ್ನ ತಂತ್ರವನ್ನು ಸುಧಾರಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ನನ್ನನ್ನು ಒತ್ತಾಯಿಸಿತು. ವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾಗಿ ಅಭ್ಯಾಸ ಮಾಡದೆಯೂ ನಾನು ಈ ಸುಧಾರಣೆಯನ್ನು ಸೊನಾಟಗಳಿಂದ ಪಡೆದುಕೊಂಡೆ. ಒಟ್ಟಾರೆ ಹೇಳುವುದಾದರೆ ಕರ್ತವ್ಯಪ್ರಜ್ಞೆಗಿಂತ ಒಲವೇ ಹೆಚ್ಚು ಲೇಸಾದ ಗುರುವೆಂದು ನಂಬಿದ್ದೇನೆ. ಕನಿಷ್ಠಪಕ್ಷ ನನ್ನ ಮಟ್ಟಿಗಂತೂ ಇದು ಪೂರ್ತಿ ನಿಜವಾಗಿತ್ತು.

ಅನು: ಜಿ. ಟಿ. ಎನ್.

ಪ್ರೊ. ನಿ. ಉಮಾಕಾಂತ

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಮತ್ತು ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದ

ಇಪ್ಪತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಆದಿಯಲ್ಲಿ (1905–1926) ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಪ್ರಮುಖ ಅಂಗವಾಗಿ ರೂಪುಗೊಂಡ ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದದ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು (1879–1955) ಆದರ ಪ್ರಥಮ ಹಂತದಲ್ಲಿ ಸಹಾಯಕರಾದರೂ, ಆ ವಾದ ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಬೆಳೆದು ಸಾಕಷ್ಟು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರ ಒಪ್ಪಿಗೆಯನ್ನು ಪಡೆದಾಗ, ಅವರು ಆ ವಾದದ ಮೂಲ ತತ್ವಗಳು ಪರಿಪೂರ್ಣವಾಗಿಲ್ಲವೆಂದು ವಾದಿಸಿದರು. ಅವರು ತಮ್ಮ ಉತ್ತರಾರ್ಧ ಜೀವನವನ್ನೆಲ್ಲ ಗುರುತ್ವ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಸಮೀಕೃತವಾದವನ್ನು ರೂಪುಗೊಳಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಕಳೆದರೇ ಹೊರತು, ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದದಲ್ಲಾಗಲೀ ಆ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಗತಿಯಿಂದ ಬೆಳೆಯುತ್ತಿದ್ದ ಅಣುಕೇಂದ್ರಕಣ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಾಗಲೀ, ಆಸಕ್ತಿ ವಹಿಸಲಿಲ್ಲ. ಆದರೂ ಅವರು ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದದ ಮೂಲ ತತ್ವಗಳ ಬಗೆಗೆ ಎತ್ತಿದ ಆಕ್ಷೇಪಗಳು ಪ್ರಕೃತಿಯ ನೈಜತೆಗೂ ಮತ್ತು ಮಾನವಕಲ್ಪಿತ ಭಾವನೆಗಳಿಗೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕುರಿತಾಗಿದೆ. ಈ ಆಕ್ಷೇಪಗಳ ಬಗೆಗೆ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಇನ್ನೂ ವಿಚಾರಣೆ ನಡೆಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದದ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಕೊಡುಗೆ ಮತ್ತು ಅವರು ಎತ್ತಿದ ಆಕ್ಷೇಪಗಳ ಸ್ಥೂಲ ಪರಿಚಯ ಮಾಡಿ ಕೊಡಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಹತ್ತೊಂಬತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಬೆಳವಣಿಗೆ ಒಂದು ಮಟ್ಟವನ್ನು ತಲುಪಿ, ನ್ಯೂಟನ್‌ರ (1642–1727) ಚಲನವಾದ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವ ವಾದಗಳು, ಮ್ಯಾಕ್ಸವೆಲ್‌ರು (1831–1879) ನಿರೂಪಿಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತವಾದ, ಮತ್ತು ಮ್ಯಾಕ್ಸವೆಲ್ ಮತ್ತು ಬೋಲ್ಟ್ಸಮಾನ್ (1844–1906) ಇವರು ಬೆಳಸಿದ ಉಷ್ಣ ಚಲನವಾದ, ಇವುಗಳಿಂದ ಭೌತಜಗತ್ತಿನ ಎಲ್ಲ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನೂ ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು; ಅಲ್ಲದೆ ಹೊಸವಾದಗಳ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇನ್ನು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕಿಲ್ಲ ಎಂಬ ಭಾವನೆ ಬೆಳೆದು ಬಂದಿತ್ತು. ಈ ಭಾವನೆಯ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ರೇಲೇ (1842–1919), ಜೀನ್ಸ್ (1877–1946), ವೀನ್ (1864–1928), ಪ್ಲಾಂಕ್ (1858–1947), ಮೊದಲಾದವರು ಒಂದೇ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿದ್ದು ಒಳಗೆ ಬರಿದಾಗಿರುವ

ಪಾತ್ರೆಯೊಂದರ ವಸ್ತುವಿನೊಡನೆ ಉಷ್ಣ ಸಮತೋಲನದಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತಪ್ರಭೆಯ ಗುಣಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಈ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ಪ್ರಭೆ ಅನೇಕ ತರಂಗಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿದ್ದು, ಪ್ರಭೆಯ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿ ವಿವಿಧ ತರಂಗಾಂತರದ ಪ್ರಭೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹಂಚಿಹೋಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಹಂಚಿಕೆ ವಸ್ತುವಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ನಿರ್ಧರಿಸಿದ ಶಕ್ತಿಹಂಚಿಕೆಗೂ ಮತ್ತು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ವಿವಿಧ ವಾದಗಳ ಪ್ರಕಾರ ನಿರೀಕ್ಷಿಸಿದ ಶಕ್ತಿಹಂಚಿಕೆಗೂ ಬಹಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಕಂಡುಬಂದು, ಆ ವಾದಗಳಲ್ಲಿಯ ನ್ಯೂನತೆ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಯಿತು.

ಪ್ಲಾಂಕರು ಈ ನ್ಯೂನತೆಗೆ ಪ್ರಭೆ ಮತ್ತು ಅದು ಉಷ್ಣ ಸಮತೋಲನದಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ನಡುವೆ ನಡೆಯುವ ಶಕ್ತಿ ವಿನಿಮಯ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದುದೆಂದು ನಾವು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ತಾತ್ವಿಕವಾಗಿ ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡಿರುವ ಊಹೆಯೇ ಕಾರಣವೆಂದರು. ಈ ಶಕ್ತಿ ವಿನಿಮಯ ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದುದೆಂದು ಊಹಿಸಿಕೊಂಡರೆ, ವಾಸ್ತವಿಕ ಶಕ್ತಿ ಹಂಚಿಕೆಗೂ ನಿರೀಕ್ಷಿತ ಶಕ್ತಿಹಂಚಿಕೆಗೂ ಯಾವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ತೋರಿಸಿದರು. ಈ ಅಭಿಪ್ರಾಯ ಆಗಿನ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಜಗತ್ತಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕ್ರಾಂತಿಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಿದ್ದಲ್ಲದೆ, ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದವೆಂಬ ಹೊಸ ವಾದವು ಜನಿಸಲು ಕಾರಣವಾಯಿತು.

ವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆ ಮತ್ತು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆಗಳು ಮಾನವನಿಗೆ ಹೊಸವಲ್ಲ. ಮಳೆಯ ನೀರು ಮೋಡದಿಂದ ನೆಲದೆಡೆಗೆ ಬೀಳುವಾಗ ಹನಿ ಹನಿಯಾಗಿ ಬಿಡಿ ಬಿಡಿಯಾಗಿ ಬೀಳುತ್ತದೆ ; ಇದರಲ್ಲಿ ನಾವು ವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆಯನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಅದೇ ನೀರು ನದಿಯಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವಾಗ ಒಂದೇ ಸಮನೆ ಭಾಗಗಳಿಲ್ಲದೆ ಹರಿಯುತ್ತದೆ ; ಇದರಲ್ಲಿ ನಾವು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆಯನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಗಿಡಬಳ್ಳಿಗಳು ಒಂದೇ ಸಮನೆ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಬೆಳೆಯುತ್ತವೆ ; ಆದರೆ ಒಣಗಿದ ಎಲೆಗಳು ಗಿಡಬಳ್ಳಿಗಳಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿ ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಉದುರುತ್ತವೆ. ನಾವು ಉಸಿರೆಳೆದುಕೊಂಡಾಗ ಗಾಳಿ ಶ್ವಾಸಕೋಶಗಳನ್ನು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಸೇರುತ್ತದೆ ; ಆದರೆ ನಾವು ಊಟಮಾಡುವಾಗ ಆಹಾರ ಒಂದೊಂದೇ ತುತ್ತಾಗಿ ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಜಠರವನ್ನು ಸೇರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆ ಮತ್ತು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆಗಳು ನಮ್ಮ ನಿತ್ಯ ಜೀವನದ ಅನುಭವಗಳಾದರೂ, ವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಕ್ರಾಂತಿಯನ್ನೇಕೆ ಉಂಟುಮಾಡಿತು ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆ ಏಳುವುದು ಸಹಜ.

ಇಪ್ಪತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಆದಿಯವರೆಗೆ ಬೆಳೆದು ಬಂದಿದ್ದ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಎಲ್ಲ ವಾದಗಳ ಮೇರೆಗೆ ಯಾವುದೇ ಭೌತವ್ಯೂಹದ ಎಲ್ಲ ಭೌತಗುಣಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳೂ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದವುಗಳೆಂದು ತಿಳಿದು ಬಂದಿತ್ತು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ನಾವು ಎಸೆಯಬಹುದಾದ ಕಲ್ಲಿನ ವೇಗ ಯಾವ ಮಿತಿಯೂ ಇಲ್ಲದೆ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಯಾವುದೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರಬಹುದು. ಸೂರ್ಯನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಗೆ ಒಳಪಟ್ಟ ಒಂದು ವಸ್ತುವು ಪಡೆಯಬಹುದಾದ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಯಾವುದೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರಬಹುದು; ಆದರೆ ಅಂಥ ಪ್ರತಿ ವಸ್ತುವಿಗೂ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿ ಇರುತ್ತದೆ. ಶ್ರುತಿಮಾಡಿದ

ವೀಣೆಯಿಂದ ಹೊರಸೂಸುವ ಮೂಲ ಮತ್ತು ಉಪನಾದಗಳ ಆವೃತ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದವುಗಳಾದರೂ, ಕಂಪನಗೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವ ವೀಣೆಯ ತಂತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು, ತಂತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಮೀಟಿ, ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿಸಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಪ್ರಮುಖ ಭೌತಗುಣಗಳಾದ ವೇಗ, ಸರಳಾವೇಗ, ಕೌನಿಕಾವೇಗ, ಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳೆಲ್ಲವುಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳೂ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದುವುಗಳೆಂಬುದು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ವಾದಬದ್ಧವಾಗಿಯೂ ನೂರಾರು ವರ್ಷಗಳಿಂದ ಕಂಡು ಬಂದಿರು ವಾಗ, ಈ ಯಾವುದೇ ಒಂದರ ಪ್ರಮಾಣ ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿಯೂ ಇರಬಹುದೆಂದು ಹೊಸದಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದರೆ ಅದು ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕವಾಗುವುದು ಸಹಜ.

ಇದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿಯೇ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ತರಂಗಗಳು ಕೆಲವೊಂದು ಲೋಹಗಳ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದಾಗ, ಆ ಲೋಹಗಳ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳು ಹೊರಬರು ವುವೆಂದು ತಿಳಿದು ಬಂದಿತು. ಈ ಪ್ರಭಾಪ್ರಚೋದಿತ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣ ಉಚ್ಚಾಟಣೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ತರಂಗಾಂತರದ ಪ್ರಭೆ, ಅದು ಎಷ್ಟೇ ಪ್ರಕಾಶಮಾನವುಳ್ಳದ್ದಾದರೂ, ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳನ್ನು ಲೋಹದಿಂದ ಹೊರಗೆಡಹ ಲಾರದು. ಅಲ್ಲದೆ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಪ್ರಭೆಯ ತರಂಗಾಂತರ ಈ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ತರಂಗಾಂತರ ಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾದಷ್ಟೂ, ವಿಸರ್ಜಿತ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳ ಚಲನಶಕ್ತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗುವದು ಮತ್ತು ಪ್ರಭೆಯ ಪ್ರಕಾಶ ಹೆಚ್ಚಾದಂತೆ ವಿಸರ್ಜಿತ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಹೆಚ್ಚಾಗು ವುದು. ಈ ಪ್ರಯೋಗಸಿದ್ಧವಾದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ರು ನಿರೂಪಿಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ವಾದದನ್ವಯ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ; ಈ ವಾದದ ಪ್ರಕಾರ ಪ್ರಭೆಯ ಪ್ರಕಾಶ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ಅದರ ಶಕ್ತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದರಿಂದ, ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶವುಳ್ಳ ಪ್ರಭೆಯು, ಅದರ ತರಂಗಾಂತರ ಹೆಚ್ಚಿರಲಿ ಅಥವಾ ಕಡಿಮೆ ಇರಲಿ, ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಲು ಸಮರ್ಥವಾಗಿರಬೇಕು.

1905 ರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಪ್ರಭಾಪ್ರಚೋದಿತ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣ ಉಚ್ಚಾಟಣೆ ಯನ್ನು, ಪ್ರಭೆಯು ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಸರಿಯಾಗಿ ಊಹಿಸಿ ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ವಿವರಿಸಿದರು. ಆಗ ಅವರಿಗೆ 26 ವರ್ಷ. ಅವರು ನೀಡಿದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೆಳಗಿನಂತೆ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು : ಒಂದು ಚೀಲದಿಂದ ಇನ್ನೊಂದು ಚೀಲಕ್ಕೆ ಸಕ್ಕರೆಯನ್ನು ಸುರಿಯುವಾಗ ಅದು ಒಂದೇ ಸಮನೆ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಬೀಳುತ್ತಿರುವಂತೆ ನಮಗೆ ತೋರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಸಕ್ಕರೆ ಬಿಡಿ ಬಿಡಿಯಾಗಿ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿರುವ ಕಣಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದೆ. ಪ್ರತಿ ಕಣಕ್ಕೂ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಸ್ತುರಾಶಿಯಿದೆ. ಇದೇ ರೀತಿ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ಪ್ರಭೆ ಯಾವ ಬಿಡಿಬಿಡಿ ಭಾಗಗಳಿಲ್ಲದೆ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿರುವಂತೆ ಕಂಡರೂ, ಅದು ಬಿಡಿ ಬಿಡಿಯಾಗಿ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿರಬಲ್ಲ ಅನೇಕ ಪ್ರಭಾಕಣಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದೆ. ಪ್ರತಿ ಪ್ರಭಾಕಣಕ್ಕೂ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿ E ಮತ್ತು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಆವೇಗ p ಇರುತ್ತದೆಂದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದರು. ಪ್ರಭೆಯ

ತರಂಗಾಂತರ λ (ಲ್ಯಾಂಬ್ಡ) ಆದರೆ ಅದರಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರತಿ ಪ್ರಭಾಕಣದ E ಮತ್ತು pಗಳು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ c ಮತ್ತು ಪ್ಲಾಂಕರ ಸ್ಥಿರಾಂಕ h ಗಳಿಗೆ ಇರುವ ಸಂಬಂಧ ಈ ಕೆಳಗಿನ ಸಮೀಕರಣದಂತೆ ಇರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಊಹಿಸಿದರು.

$$E = hc/\lambda \text{ ಮತ್ತು } p = h/\lambda$$

ಯಾವುದೇ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳನ್ನು ಬಿಡುಗಡೆ ಮಾಡಲು ಒಂದು ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿ ಅವಶ್ಯಕ. ಈ ಬಂಧನ ಶಕ್ತಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಕ್ಕೆ ಒದಗಿಸಿದರೆ ಮಾತ್ರ ಅದು ಆ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಹೊರಬರಲು ಸಾಧ್ಯ. ಒಂದು ಲೋಹದ ಮೇಲ್ಮೈಮೇಲೆ ಬಿದ್ದ ಪ್ರಭಾಕಣದ ಶಕ್ತಿ ಈ ಬಂಧನ ಶಕ್ತಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ, ಅದು ತನ್ನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೆಲ್ಲ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣವೊಂದಕ್ಕೆ ಕೊಟ್ಟು ತನ್ನ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಗಳಿಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣ ಬಂಧನದಿಂದ ಬಿಡುಗಡೆಹೊಂದಿ ಲೋಹದಿಂದ ಹೊರಬರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಹೊರಬಂದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣದ ಶಕ್ತಿಯು ಪ್ರಭಾಕಣದ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಬಂಧನ ಶಕ್ತಿಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿ ಇರುತ್ತದೆ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಈ ವಾದ ಎಲ್ಲರ ಮೆಚ್ಚುಗೆಯನ್ನು ಪಡೆಯಿತು.

ಇದಾದ ಕೆಲವೇ ವರ್ಷಗಳ ಬಳಿಕ ಕಾಂಪ್ಟನ್‌ರು (1892–1962) ಪ್ರಭಾಕಣವೊಂದು ವಿದ್ಯುತ್ಕಣದೊಂದಿಗೆ ಸಂಘರ್ಷಿಸಿದಾಗ ಅವು ಪರಸ್ಪರ ವಿನಿಮಯಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಆವೇಗಗಳು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ತೋರಿಸಿದರು. ಇದರಿಂದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳಿಗೆ ಪುಷ್ಠಿ ದೊರೆಯಿತು.

ಇದಲ್ಲದೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಹಿಮಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಶೀತಲವಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಘನವಸ್ತುಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ವಿಚ್ಛಿನವಾದದ ಪ್ರಕಾರ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದೆಂದು 1907 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದರು. ಒಂದು ಘನವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳು ಒಂದರ ಪಕ್ಕದಲ್ಲೊಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಾಲುಗಳಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತವೆ. ವಸ್ತುವಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ಅವು ಸ್ವಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿಯೇ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಕಂಪನಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ; ಅವುಗಳ ಕಂಪನ ಶಕ್ತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ನಾವು ಅದಕ್ಕೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉಷ್ಣರೂಪದಲ್ಲಿ ಒದಗಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. 1 ಗ್ರಾಂ ವಸ್ತುವಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು 1°c ನಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಉಷ್ಣಶಕ್ತಿಗೆ ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಉಷ್ಣತೆ ಎಂದು ಹೆಸರು. ಹಳೆಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದು ಘನವಸ್ತುವಿನ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಎಲ್ಲ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕು. ಅಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಈ ತೀರ್ಮಾನ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿಯೂ ಸರಿ ಎಂದು ತೋರಿಬಂದಿತ್ತು. ಆದರೆ ಹಿಮಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಶೀತಲವಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಿದಾಗ, ವಸ್ತುವಿನ

ಉಷ್ಣಾಂಶ ಕಡಿಮೆ ಆದಷ್ಟು ಸಾಪೇಕ್ಷ ಉಷ್ಣತೆಯೂ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದೆಂದು ತೋರಿ ಬಂದಿತು. ಘನವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಅಣುವಿನ ಕಂಪನಶಕ್ತಿ ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಬದಲಾಗು ವುದೆಂದು ಊಹಿಸಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಈ ಪ್ರಯೋಗಸಿದ್ಧವಾದ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನು ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದೆಂದು ತೋರಿಸಿದರು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ ಕೊಂಡು ಇನ್ನೂ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೆಲಕಾಲಾನಂತರ ಡಿಬ್ಯೈ (1884–1966) ನೀಡಿದ, ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದದಂತೆ ನಿರೀಕ್ಷಿಸಿದ ಫಲಿತಾಂಶಕ್ಕೂ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ನಿರ್ಧರಿಸಿದ ಫಲಿತಾಂಶಕ್ಕೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿಲ್ಲವೆಂದು ತೋರಿಸಿದರು.

1913 ರಲ್ಲಿ ಡೆನ್‌ಮಾರ್ಕ್ ದೇಶದ 28 ರ ತರುಣ ಬೋರ್ (1885–1962) ಅವರು ಅಣುಕೇಂದ್ರಕಣದ ಸುತ್ತಲೂ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳು ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದ ಕೆಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕೌನಿಕಾವೇಗದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುತ್ತದೆಯೆಂದೂ, ಇದರಿಂದ ಅಣುವು ಕೆಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಇರಬಹುದೆಂದೂ, ಮತ್ತು ಅಣುವಿನ ಸ್ಥಿತಿ ಅಧಿಕಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬದಲಾದಾಗ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯು ಪ್ರಭಾಕಣದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೊರಬೀಳುವುದೆಂದೂ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದರು. ಈ ಪ್ರಭಾಕಣದ ಶಕ್ತಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರಿತ್ತ ಸಂಬಂಧದಂತಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಅಣು ಮಾದರಿಯಿಂದ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದ ಜಲಜನಕದ ಅಣುಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಪ್ರಭಾಕಣಗಳ ರೋಹಿತವನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು.

1916 ರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಬೋರರ ಅಣುಮಾದರಿಯನ್ನು ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡು, ವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಶಕ್ತಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಇರಬಲ್ಲ ಅಣುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ವಸ್ತುವಿನೊಡನೆ ಉಷ್ಣಸಮತೋಲನದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರಭೆಯ ಶಕ್ತಿಹಂಚಿಕೆಯು ಪ್ಲಾಂಕರು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಶಕ್ತಿಹಂಚಿಕೆಯಂತೆಯೇ ಇರುತ್ತದೆಂದು ತೋರಿಸಿದರು. ಪ್ಲಾಂಕರು ತಮ್ಮ ವಾದದಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವಿನೊಡನೆ ಪ್ರಭೆಯು ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವ ಶಕ್ತಿವಿನಿಮಯ ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿರುತ್ತದೆಂದು ಊಹಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದರೇ ಹೊರತು ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಅಣುಗಳ ಶಕ್ತಿಯೇ ವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವಾಗಿರುತ್ತದೆಂದು ಊಹಿಸಿಕೊಂಡಿರಲಿಲ್ಲ; ಇದರಿಂದಾಗಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಪ್ರತಿಪಾದನೆ ಗಮನಾರ್ಹವಾದುದು. ತಮ್ಮ ವಾದದಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು, ಅಣುವೊಂದರ ಸ್ಥಿತಿ ಅಧಿಕಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಪ್ರಭಾಕಣ ವಿಸರ್ಜನೆಯೊಂದಿಗೆ ಸ್ವಯಂ ಪ್ರೇರಿತವಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸುವುದಲ್ಲದೆ, ಅಣುವಿನ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಪ್ರಭಾಕಣ ಗಳಿಂದ ಪ್ರಚೋದಿತವಾಗಿಯೂ ಅದರ ಸ್ಥಿತಿ ಅಧಿಕಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯ ಸ್ಥಿತಿಗೂ ಮತ್ತು ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಸ್ಥಿತಿಗೂ ಬದಲಾಯಿಸು ತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತದೆ, ಎಂದೂ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದರು. ಈ ಪ್ರಭಾಪ್ರಚೋದಿತ ಅಣು ಸ್ಥಿತಿ ಬದಲಾವಣೆಗಳಲ್ಲಿ, ಪ್ರಭಾಕಣವೊಂದು ಜನಿಸಿ ಅಣುವಿನಿಂದ ಹೊರಬರುವದು ಇಲ್ಲವೇ ಪ್ರಭಾಕಣವೊಂದು ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ ಲೀನವಾಗಿ ತನ್ನ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಕಳೆದು ಕೊಳ್ಳುವದು. ಪ್ರಭಾಕಣದ ಶಕ್ತಿ ಆ ಎರಡು ಅಣುಸ್ಥಿತಿಗಳ ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಅಣುಗಳ ಸ್ವಯಂಪ್ರೇರಿತ ಸ್ಥಿತಿ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಬೋರರೇ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ್ದರೂ, ಪ್ರಭಾಪ್ರಚೋದಿತ ಸ್ಥಿತಿಬದಲಾವಣೆಗಳು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರೇ ಇತ್ತ ಹೊಸ ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳು. ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದ ಪ್ರೌಢವಾಗಿ ಬೆಳೆದು ಅನೇಕ ವರ್ಷಗಳಾದ ಮೇಲೆ ಈ ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳಿಗೆ ಸರಿಯಾದ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರಕಿತು. ಇದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರಿಗೆ ಭೌತಜಗತ್ತಿನ ಬಗೆಗೆ ಇದ್ದ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪರಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳೇ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದಕ್ಕೆ ಮಾಡಿದ ಕೊನೆಯ ರಚನಾತ್ಮಕ ಕೊಡುಗೆ.

ಇದಾದ ಮೇಲೆ 1923 ರಿಂದ 1926 ರ ವರೆಗಿನ ನಾಲ್ಕು ವರ್ಷಗಳ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಫ್ರಾನ್ಸ್ ದೇಶದ ಡಿಬ್ರೊಗ್ಲಿ (1892-), ಜರ್ಮನಿ ದೇಶದ 24 ವರ್ಷದ ತರುಣ ಹೈಸನ್‌ಬರ್ಗ್ (1901-1976), ಆಸ್ಟ್ರಿಯ ದೇಶದ ಶ್ರೊಡಿಂಗರ್ (1887-1961), ಮತ್ತು ಇಂಗ್ಲೆಂಡಿನ 24 ವರ್ಷದ ತರುಣ ಡಿರ್ಯಾಕ್ (1902-) ಇವರು ವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವಾದದ ಮೂಲತತ್ವಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿ ಅದನ್ನು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಬೃಹದ್ವಾದವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿದರು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರಿಗೂ ಮತ್ತು ಇನ್ನೂ ಅನೇಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೂ ಈ ವಾದದ ಎರಡು ಅಂಶಗಳು ಸರಿತೋರಲಿಲ್ಲ; ಪ್ರಯೋಗಾತ್ಮಕವಾಗಿ ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಡದಿರುವ ಭೌತಗುಣದ ನೈಜತೆ, ಮತ್ತು ವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವಾದದಲ್ಲಿ ಸಂಭವತೆಯ ಪಾತ್ರ. ಇವೇ ಆ ಎರಡು ಅಂಶಗಳು.

ಪ್ರಭಾಕಣವೊಂದು ವಸ್ತುಕಣದಂತೆಯೇ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಆವೇಗಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಲ್ಲದೆ, ತರಂಗದಂತೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನೂ ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ, ಎಂದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರಿತ್ತ ಸಂಬಂಧಗಳಿಂದ ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ. ಪ್ರಭೆಯ ಈ ದ್ವಂದ್ವಗುಣ (ಕಣ ಮತ್ತು ತರಂಗ ಗುಣಗಳು) ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಸತ್ಯವೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ. ಇದೇ ರೀತಿ ವಸ್ತುಕಣಕ್ಕೂ, ಎಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಕ್ಕೂ, ತರಂಗದ ಗುಣಗಳು ಇವೆಯೆಂದು ಡಿಬ್ರೊಗ್ಲಿ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದರು; ಈ ದ್ವಂದ್ವಗುಣವೂ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಸತ್ಯವೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ. ಅದೇನೇ ಇರಲಿ, ಈ ದ್ವಂದ್ವಗುಣಗಳ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ಕಣದ ಸ್ಥಾನವನ್ನೂ ಮತ್ತು ಅದರ ಸರಳಾವೇಗವನ್ನೂ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿಯೇ ಯಾವ ಮಿತಿಯೂ ಇಲ್ಲದೆ ಯಥಾರ್ಥವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ ಎಂದು ಹೈಸನ್‌ಬರ್ಗರು ತೋರಿಸಿದರು. ಯಾವುದೇ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಇವುಗಳ ಪ್ರಮಾಣ ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ಅನಿಶ್ಚಿತವಿದ್ದು, ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದ ಸ್ಥಾನದ ಅನಿಶ್ಚತೆ $\triangle x$ ಮತ್ತು ಆ ವೇಗದ ಅನಿಶ್ಚತೆ $\triangle p_x$ ಇವುಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಅವಲಂಬಿಸಿದ್ದು ಇವುಗಳ ಗುಣಾಂಕ ಪ್ಲಾಂಕರ ಸ್ಥಿರಾಂಕಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ವಾದಬದ್ಧವಾಗಿ ತೋರಿಸಿದರು. ಎಂದರೆ,

$$\triangle x \triangle p_x \approx h$$

ಪ್ರಯೋಗದ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಸ್ಥಾನದ ಅನಿಶ್ಚತೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವಂತ ಬದಲಾಯಿಸಿದರೆ, ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಆವೇಗದ ಅನಿಶ್ಚತೆ ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದು; ಆವೇಗದ ಅನಿಶ್ಚತೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ ಸ್ಥಾನದ ಅನಿಶ್ಚತೆ ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದು.

ಹೈಸನ್‌ಬರ್ಗರ ಈ ಅನಿಶ್ಚತೆಗಳ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಎಲ್ಲಾ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರೂ ಒಂದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವ್ಯಾಖ್ಯಾನ ಮಾಡುವದಿಲ್ಲ. ಈ ಸಂಬಂಧದ ಅರ್ಥದ ವಿಚಾರವಾಗಿ ಇನ್ನೂ ಜಿಜ್ಞಾಸೆ ನಡೆದೇ ಇದೆ.

ಒಂದು ವಸ್ತುಕಣಕ್ಕೆ (ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಕ್ಕೆ), ನಾವು ಅದರ ಮೇಲೆ ಯಾವ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನೂ ಮಾಡದೆ ಇರುವಾಗ, ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನ ಮತ್ತು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಆವೇಗ ಇರುತ್ತವೆಯೋ, ಇಲ್ಲವೆ, ಅವು ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ಅನಿಶ್ಚಿತವಾಗಿರುತ್ತವೆಯೋ, ಎಂಬುದು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದ ಪ್ರಶ್ನೆ. ನಾವು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಭೌತಗುಣದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಒಂದು ಮಿತಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲದಿರುವಾಗ, ಆ ಪ್ರಮಾಣ ಈ ಮಿತಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಹೇಳುವುದು ಸರಿಯಲ್ಲ ಎಂದು ಬೋರ್ ಮತ್ತಿತರರು ವಾದಿಸಿದರು. ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಮಿತಿ ಇದ್ದಾಕ್ಷಣ, ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಭೌತಗುಣವೊಂದರ ಪ್ರಮಾಣ ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಅನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಹೇಳುವುದು ಸರಿಯಲ್ಲ ಎಂದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಮತ್ತಿತರರು ವಾದಿಸಿದರು. ಈ ವಾದ ಪ್ರತಿವಾದಗಳನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಿಕೊಂಡು ಹೋದರೆ ನಾವು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ತತ್ವಶಾಸ್ತ್ರದ ಜಿಜ್ಞಾಸೆಯ ರಂಗವನ್ನು ಸೇರುತ್ತೇವೆ.

ಇದಲ್ಲದೆ ಹೈಸನ್‌ಬರ್ಗರು ಸೂಚಿಸಿದ ಅನಿಶ್ಚತತೆಗಳ ಮಿತಿಯನ್ನು ಮೀರಿ ಒಂದು ವಸ್ತುಕಣದ ಸ್ಥಾನ ಮತ್ತು ಆವೇಗಗಳನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದೆಂದು, ಕೆಲವು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮಾದರಿಗಳನ್ನು (ಎಂದರೆ ಮಾನಸಿಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು) ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಸೂಚಿಸಿದರು. ಬೋರರು ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಕೂಲಂಕಷವಾಗಿ ಚರ್ಚಿಸಿ, ಈ ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳೂ ಹೈಸನ್‌ಬರ್ಗರು ಸೂಚಿಸಿದ ಮಿತಿಗೊಳಗಾಗಿವೆ ಎಂದು ತೋರಿಸಿದರು. ಇದರಿಂದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಸೋಲನ್ನೊಪ್ಪಬೇಕಾಯಿತೆಂದು ಅನೇಕ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಭಾವಿಸಿದರು. ಆದರೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ತಮ್ಮ ನಿಲುವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಲಿಲ್ಲ.

ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದದಲ್ಲಿ ಸಂಭವತೆಯ ಪಾತ್ರವೇನೆಂದು ಬಹಳ ಚರ್ಚೆ ನಡೆದಿದೆ. ಮೊದಲು ಸಂಭವತೆ ಎಂದರೇನೆಂದು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಒಂದು ನಾಣ್ಯವನ್ನು ನಾವು ಬೆರಳಿನಿಂದ ಚಿಮ್ಮಿದರೆ, ಅದು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಹಾರಿ ಗಿರಗಿರನೆ ತಿರುಗಿ ನೆಲದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಮುಖ ಮೇಲಾಗಿ ಬೀಳುತ್ತದೆ; ಮೇಲಿನ ಮುಖ ರಾಜ ಇರಬಹುದು, ಇಲ್ಲವೆ ರಾಣಿ ಇರಬಹುದು. ಒಮ್ಮೆ ಚಿಮ್ಮಿದಾಗ ಯಾವ ಮುಖ ಮೇಲಾಗಿ ಬೀಳುತ್ತದೆ

ಎಂದು ನಾವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಹೇಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಆದರೆ, ಒಂದು ನಾಣ್ಯವನ್ನು ಅನೇಕ ಬಾರಿ ಚಿಮ್ಮಿದರೆ, ಸುಮಾರು ಅರ್ಧದಷ್ಟು ಸಾರಿ ರಾಜ, ಇನ್ನರ್ಧದಷ್ಟು ಸಾರಿ ರಾಣಿ ಮೇಲಿರುತ್ತವೆ. ಆದುದರಿಂದ, ಒಮ್ಮೆ ನಾಣ್ಯವನ್ನು ಚಿಮ್ಮಿದಾಗ ಅದರ ಮೇಲ್ಮುಖ ರಾಜ ಆಗಬಹುದಾದ ಸಂಭವ $\frac{1}{2}$ ಮತ್ತು ರಾಣಿ ಆಗ ಬಹುದಾದ ಸಂಭವ $\frac{1}{2}$ ಎಂದು ಒಪ್ಪಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ನ್ಯೂಟನ್ ಅವರ ಚಲನವಾದದ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದು ವಸ್ತುಕಣದ ಸ್ಥಾನ ಮತ್ತು ಆವೇಗಗಳು ನಮಗೆ ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಗೊತ್ತಿದ್ದರೆ, ಬೇರೆ ಯಾವುದೇ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಆ ಕಣ ಹೊಂದಬಹುದಾದ ಎಲ್ಲಾ ಭೌತಗುಣಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನೂ ನಾವು, ಚಲನವಾದದ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಆದರೆ ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದದ ಪ್ರಕಾರ ನಾವು ಒಂದು ವಸ್ತುಕಣದ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಯಾವ ಒಂದು ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿಯೂ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಹೇಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ ; ಅದು ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರಬಹುದಾದ ಸಂಭವತೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ನಾವು ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದದ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇದೇ ರೀತಿ, ಆ ಕಣ ಯಾವುದೇ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಹೊಂದಬಹುದಾದ ಭೌತಗುಣವೊಂದರ ಪ್ರಮಾಣ ಇಷ್ಟೇ ಇರುತ್ತದೆ ಎಂದು ನಾವು ಹೇಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ; ಆದರೆ ಆ ಭೌತಗುಣ ಯಾವುದೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರುವ ಸಂಭವತೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದ ರೂಪುಗೊಂಡ ಅನತಿಕಾಲದಲ್ಲಿಯೇ (1927ರಲ್ಲಿ) ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಅದರ ಫಲಿತಾಂಶಗಳೆಲ್ಲಾ ಸಂಭವತೆಗಳೇ ಆದುದರಿಂದ ಆ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಒಂದೇ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದು ಪರಸ್ಪರ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿರುವ ಅನೇಕ ಕಣಗಳ ಸರಾಸರಿ ಗುಣಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತವೆಯೇ ಹೊರತು ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಕಣಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವುದಿಲ್ಲ, ಎಂದು ವಾದಿಸಿದರು. ಅವರ ವಿಚಾರಸರಣಿಯನ್ನು ಹೀಗೆ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಭೌತಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಕಣವೊಂದನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದದ ಪ್ರಕಾರ ಆ ಕಣ ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿರುವ ಸಂಭವತೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಇರುತ್ತದೆ. ನಾವು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಆ ಕಣ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿದೆಯೆಂದು ಕಂಡುಹಿಡಿದರೆ, ಆ ಕಣ ಬೇರೆ ಎಲ್ಲಾ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿರುವ ಸಂಭವತೆಗಳೂ ಆಕ್ಷಣದಲ್ಲೇ ನಿಶ್ಶೇಷವಾಗುತ್ತವೆ. ಎಂದರೆ, ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗ ಒಂದು ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಸೀಮಿತವಾಗಿದ್ದರೂ, ಅದರ ಪರಿಣಾಮ ಬೇರೆ ಎಲ್ಲಾ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲೂ ತತ್‌ಕ್ಷಣ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಇದು ಸಾಪೇಕ್ಷವಾದದ ಮೂಲ ತತ್ವಗಳಿಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾದುದು ; ಏಕೆಂದರೆ, ಸಾಪೇಕ್ಷವಾದದ ಪ್ರಕಾರ ಯಾವ ಕಾರಣದ ಫಲವೂ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ವೇಗವಾಗಿ ಸಂಚರಿಸಲಾರದು. ಸಂಭವತೆಯು ಸರಾಸರಿ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡರೆ ಈ ಅಸಂಬದ್ಧತೆ ಉದ್ಭವಿಸುವದಿಲ್ಲ.

1935 ರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು, ಪೊಡೊಲ್‌ಸ್ಕಿ ಮತ್ತು ರೋಸೆನ್ ಎಂಬ ಇನ್ನಿಬ್ಬರು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳೊಡನೆ ಒಂದು ಸಂಶೋಧನಾ ಪ್ರಬಂಧವನ್ನು ಬರೆದು, ವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವಾಧವನ್ನು ಒಂದೇ ಭೌತವ್ಯೂಹಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ ಅಸಂಬದ್ಧ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ದೊರಕುತ್ತವೆ ಎಂದು ತರ್ಕಬದ್ಧವಾಗಿ ತೋರಿಸಿದರು. ಅವರ ಈ ವಿಚಾರಗಳ ಬಗೆಗೆ ಇನ್ನೂ ವಾದ ಪ್ರತಿವಾದಗಳೂ ನಡೆಯುತ್ತಲೇ ಇವೆ ; ಇದಲ್ಲದೆ, ಅವರ ವಿಚಾರಗಳು ಸರಿಯೋ ಅಲ್ಲವೇ ಎಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ನಿರ್ಧರಿಸಲೂ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ನಡೆಯುತ್ತಲೇ ಇವೆ.

ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದದ ಬಗೆಗೆ ಅವರು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಿದ ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಮನೋಧರ್ಮವೇನೆಂದು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳುವುದು ಉಚಿತ. ಭೌತಕ್ರಿಯೆ ಗಳೆಲ್ಲಾ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ನಿರ್ಣಯಾತ್ಮಕವಾಗಿರುವ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಬದ್ಧವಾಗಿವೆ ಯೆಂದೂ, ಈ ನಿಯಮಗಳಲ್ಲಿ ಅನಿರ್ದಿಷ್ಟತೆಗೆ ಅವಕಾಶವೇ ಇಲ್ಲವೆಂದೂ ಅವರು ನಂಬಿದ್ದರು. ಅವರ ಮಾತಿನಲ್ಲೇ ಹೇಳುವುದಾದರೆ "ದೇವರು ಪಗಡೆ ಆಡುವುದಿಲ್ಲ". ಒಂದು ವಸ್ತುಕಣದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಕೊಡದೆ, ಅದು ಒಂದು ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರ ಬಹುದಾದ ಸಂಭವತೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಕೊಡಬಲ್ಲ ವಾದ ಅವರ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಪರಿಪೂರ್ಣವಾದುದಲ್ಲ. ಆದರೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದ ಪರಿಪೂರ್ಣವಾದುದಲ್ಲ ವೆಂದು ವಾದಿಸಿದರೇ ಹೊರತು, ಪರಿಪೂರ್ಣತೆಯುಳ್ಳ ವಾದವನ್ನು ರೂಪಿಸಲು ಅವರು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಲಿಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ, ಗುರುತ್ವ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಸಮೀಕೃತ ವಾದವನ್ನು ರೂಪಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ತಾವು ಸಫಲರಾದರೆ, ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದವನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡ ಹೊಸ ವಾದವನ್ನು ರೂಪಿಸಲು ಸಾಧ್ಯ, ಎಂದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ನಂಬಿದ್ದದು.

ಅದೇನೇ ಇರಲಿ, ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದ ಪರಿಪೂರ್ಣವಾಗಿಲ್ಲವೆಂದು ಅವರು ಎತ್ತಿದ ಆಕ್ಷೇಪಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಭವತೆ ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿದರೂ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಸಂಭವತೆ ಎಂದರೆ ಏನೆಂದು ಎಲ್ಲೂ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸಲಿಲ್ಲ. ಸಂಭವತೆ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೇ ಮೀಸಲಾದ ಭಾವ ಅಲ್ಲ. ಸಂಭವತಾವಾದ ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರದ ಅಂಗ. ಸಂಭವತೆ ಎಂದರೇನೆಂದು ಸಂಭವತಾಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರೇ ಕಳೆದ 150 ವರ್ಷಗಳಿಂದ ವಾದ ಪ್ರತಿವಾದ-ಗಳನ್ನು ಮಾಡುತ್ತಲೇ ಇದ್ದಾರೆ. ಸಂಭವತೆಗೆ ಕೊಡಬಹುದಾದ ವಿವಿಧ ಅರ್ಥಗಳ ಕಲ್ಪನೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರಿಗೆ ಇರಲಿಲ್ಲ. ಇದನ್ನು ಬಾರ್ನ್ (1882–1970) ಅವರು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಗಮನಕ್ಕೆ ತಂದರೂ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಸಂಭವತೆಯನ್ನು ಆಳವಾಗಿ ಅಭ್ಯಾಸಿಸುವ ಹವ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಹೋಗಲಿಲ್ಲ. ಈ ತಪ್ಪನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರಲ್ಲದೇ, ಅವರ ಸಮಕಾಲೀನರಾದ ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದಿಗಳೆಲ್ಲರೂ ಮಾಡಿದರು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವಾದದ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ ಎತ್ತಿದ ಆಕ್ಷೇಪಗಳು ಸಂಭವತೆಯ ಒಂದು ಅರ್ಥದ ವಿರುದ್ಧ ವಾಗಿ ಎತ್ತಬಹುದಾದ ಆಕ್ಷೇಪಗಳೆಂದು ಈಗ ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದಿಗಳಿಗೂ ಸಂಭವತಾ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರಿಗೂ ಮನದಟ್ಟಾಗಿದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದಿಗಳೂ,

ಸಂಭವತಾಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರೂ, ಮತ್ತು ವಿಜ್ಞಾನತತ್ವಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರೂ ಸಂಭವತೆಗೆ ಕೊಡಬಹುದಾದ ವಿವಿಧ ಅರ್ಥಗಳನ್ನು ಕೂಲಂಕಷವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ.

ಈ ಪರಿಶೀಲನೆಗಳಿಂದ ಸರ್ವಸಮರ್ಪಕವಾದ ಅರ್ಥವೊಂದನ್ನು ಸಂಭವತೆಗೆ ಕೊಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ, ಅದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಪರೋಕ್ಷವಾಗಿ ಮಾನವನ ಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ನೀಡಿದ ಕೊಡುಗೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯುವುದರಲ್ಲಿ ತಪ್ಪಿಲ್ಲ.

ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಶಬ್ದಗಳು

ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾದ Quantum Theory
ಅಣುಕೇಂದ್ರಕಣ Nucleus
ಪ್ರಭೆ Radiation
ವಾದ Theory
ಸರಳಾವೇಗ Linear momentum
ಕೌಣಿಕಾವೇಗ angular momentum
ಪ್ರಕಾಶ Intensity
ಪ್ರಭಾಕಣ Photon
ಸಾಪೇಕ್ಷ ಉಷ್ಣತೆ Specific heat
ಸಂಭವತೆ Probability

ಡಾ. ಟಿ. ಎಸ್. ಶಂಕರ

ಆಕಾಶ ಮತ್ತು ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದ

ಮುನ್ನುಡಿ

ಜನಜೀವನದ ಮೇಲೆ ಆಧುನಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪರಿಣಾಮ ಬಹಳ ಆದರೂ ವಿಜ್ಞಾನದ ಕೆಲವೇ ಶಾಖೆಗಳು ಜನರ ಮನಸ್ಸಿನ ಮೇಲೂ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರಿವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಉದಾಹರಣೆ. ಎಲ್ಲರ ಅನುಭವದಲ್ಲೂ ಇರುವ ದೇಶ, ಕಾಲ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯಗಳನ್ನು ಈ ಶಾಸ್ತ್ರ ವಿಮರ್ಶೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಈ ವಿಷಯದ ಬಗ್ಗೆ ಏನೋ ಆತ್ಮೀಯತೆ, ಇದರಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಬಗ್ಗೆ ಏನೋ ಆದರ! ಹಾಗೆ ನೋಡಿದರೆ ಇವುಗಳ ಚರ್ಚೆ ನಮ್ಮಲ್ಲಂತೂ ಪ್ರಾಚೀನ ಕಾಲದಿಂದ ನಡೆದೇ ಇದೆ. ಆದರೆ ಪಾಶ್ಚಿಮಾತ್ಯರಲ್ಲಿ ಇದು ಆರಂಭವಾದದ್ದು ಈಚೆಗೆಂದೇ ಹೇಳಬೇಕು. ಅದರಲ್ಲೂ ಸುಮಾರು 1900ರ ವೇಳೆಗೆ ಮೈಕೆಲ್ಸನ್ನರು ಈ ಬಗ್ಗೆ ನಡೆಸಿದ ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ[1] ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ದೊಡ್ಡ ಆಂದೋಳನವೇ ಏರ್ಪಟ್ಟಿತು. ಆ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಲೋರೆಂಟ್ಸ್[2], ಪಾಯಿಂಕಾರೆ[3] ಇತ್ಯಾದಿ ಪ್ರಮುಖ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಈಗ ರೂಪುಗೊಂಡಿರುವ ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಎಲ್ಲ ಮುಖ್ಯಾಂಶಗಳನ್ನೂ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದರು. 1905ರ ವೇಳೆಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು[4] ತಮ್ಮ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನೂ ಈ ಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಸೇರಿಸಿದರು. (ಈ ವೇಳೆಗೆ ಬೃಹದಾಕಾರವಾಗಿ ಬೆಳೆದಿದ್ದ ಚರ್ಚೆ ತಮಗೆ ಗೊತ್ತಿರಲಿಲ್ಲವೆಂಬಂತೆ ಅವರು ತಮ್ಮ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ಮಂಡಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಈ ಕಲಹದ ಬಗ್ಗೆ ವ್ಹಿಟ್ಟೇಕರ್‌ರಿಂದ[5] ತಿಳಿಯಬಹುದು.)

ಈ ಎಲ್ಲ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ತಾತ್ಪರ್ಯ ಇಷ್ಟು: ಆಕಾಶ (ಈಥರ್)ವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲಾಗಲಿಲ್ಲ; ದೇಶ ಮತ್ತು ಕಾಲಗಳು ಒಂದೇ ತತ್ತ್ವದ ಬೇರ್ಪಡಿಸಲಾಗದ ಎರಡು ಮುಖಗಳು; ಇಬ್ಬರು ವೀಕ್ಷಕರಲ್ಲಿನ ಪರಸ್ಪರ ವೇಗಕ್ಕೆ ಅರ್ಥವಿದೆಯೇ ವಿನಾ ಒಬ್ಬನೆ ವೀಕ್ಷಕನ ವೇಗ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಗೊತ್ತಾಗುವ ಅಂಶವಲ್ಲ. ತಾತ್ಪರ್ಯ ಇಷ್ಟೇ ಆದರೂ ಆಕಾಶ ಪತ್ತೆಯಾಗಲಿಲ್ಲವೆಂಬ ವಿಷಯ ಕಾಲ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ "ಆಕಾಶ ಎಂಬುದೇ ಇಲ್ಲ—ಇರುವುದೇನಿದ್ದರೂ ಶೂನ್ಯ" ಎಂಬ ವಿಚಾರಕ್ಕೆಡೆ ಗೊಟ್ಟಿತು. ಆದರೆ 1915ರ ವೇಳೆಗೆ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಮಾರ್ಪಟ್ಟು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಸಾಮಾನ್ಯ

ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದರು. ಇದರಲ್ಲಿ ಒಬ್ಬ ವೀಕ್ಷಕನ ಚಲನೆಯಲ್ಲೇ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವಿದ್ದರೆ ಅದು ಅನುಭವಗೋಚರವೆಂಬುದನ್ನು ಗುರುತಿಸಲಾಯಿತು. ಇದರಿಂದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರೇ ಆಕಾಶತತ್ತ್ವವನ್ನು 1920ರಲ್ಲಿ ನಿಸ್ಸಂದಿಗ್ಧವಾಗಿ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸ ಬೇಕಾಯಿತು.[6] ಆದರೆ ಈ ಆಕಾಶ ಮುಂಚೆ ಲೋರೆಂಟ್ಸರಿಂದ ಊಹಿಸಲ್ಪಟ್ಟದ್ದಕ್ಕಿಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿಯೂ ಗೂಢವಾಗಿಯೂ ಇತ್ತು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಈ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯೂ ಆಕಾಶದ ಬಗ್ಗೆ ಇರುವ ಆಧುನಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾದಿಯ ಗೊಂದಲವನ್ನು ನಿವಾರಿಸಿಲ್ಲ. ಆತ ಈಗಲೂ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದವನ್ನು ವಿಮರ್ಶಿಸುವಾಗ ಈ ಸೂಕ್ಷ್ಮಾಕಾಶ ಇದೆಯೆಂದೂ, ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾದವನ್ನು ಚರ್ಚೆಮಾಡುವಾಗ ಆಕಾಶವಿಲ್ಲವೆಂದೂ ನಿರ್ಭಿಡೆಯಾಗಿ ಹೇಳುತ್ತಾನೆ! ಏತನ್ಮಧ್ಯೆ, "ತಮ್ಮ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾದದಿಂದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಸ್ವತಃ ಆಕಾಶ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ತರ್ಪಣಕೊಟ್ಟರು" ಎಂದು ಎಲ್ಲರೂ ಡಿಂಡಿಮ ಬಾರಿಸು ತ್ತಿದ್ದರೂ, 1920ರಿಂದಲೂ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಈ ಬಗ್ಗೆ ಮೌನವಹಿಸಿದ್ದೇಕೆ? ಎಂಬು ದೊಂದು ಸೋಜಿಗದ ಸಮಸ್ಯೆ ಬೇರೆ! ಅದು ಹಾಗಿರಲಿ. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ, ಆಕಾಶ ಯಾವುದೇ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲೂ ತೋರಿಸಿಕೊಳ್ಳದಿರುವುದರಿಂದ ಅದರ ಕೂಲಂಕಷ ವಿಮರ್ಶೆ ಇಂದಿಗೂ ನಡೆಯಬೇಕಾದ ಅಗತ್ಯವಿದೆ.

ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಉಪಮಾನದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಇದರ ವಿಮರ್ಶೆ ನಡೆಸಲಾಗಿದೆ. ಕಾರಣ ಇಷ್ಟೆ: ಈ ಉಪಮಾನ ಆಧುನಿಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪರಿಚಯ ವಿಲ್ಲದವರಿಗೂ ಸುಲಭಗ್ರಾಹ್ಯ. ಅದೆಂದರೆ ಸ್ತಬ್ಧವಾದ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಶಬ್ದಪ್ರಸಾರ. ಇದಕ್ಕೂ, ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸಾರಕ್ಕೂ ಹಲವಾರು ವಿವರಗಳಲ್ಲಿ ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಹೋಲಿಕೆ ಇದೆ. ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಹಲವೆರಡು ದೃಷ್ಟಿಗಳಲ್ಲಿ ವಿಮರ್ಶೆ ಮಾಡಬಹುದು.

1 ಸ್ತಬ್ಧಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಶಬ್ದಪ್ರಸಾರ

ಸ್ತಬ್ಧಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಮೆದುವಾಗಿ ಶಬ್ದೋತ್ಪತ್ತಿಮಾಡಿದ ಸಂದರ್ಭವನ್ನು ನೋಡಿ. (ಇಲ್ಲಿ 'ಮೆದು' ಎಂಬುದು ಮುಖ್ಯ. ಹಾಗಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ನಮ್ಮ ಉಪಮಾನದ ಸನ್ನಿವೇಶ ಕ್ಕಿಂತ ಭಿನ್ನ). ಅದು $c^2 = \gamma RT$ ಸೂತ್ರದ ಅನುಸಾರವಾಗಿ c ವೇಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸರಿಸುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ γ ಮತ್ತು T ಸುತ್ತಲೂ ಇರುವ ಗಾಳಿಯ ಗುಣವಿಶೇಷಗಳು. ಈಗ ಶಬ್ದೋತ್ಪಾದಕ ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿ v ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ ನಾವು ಊಹಿಸ ಬಹುದಾದಂತೆ ಶಬ್ದದ ವೇಗ ಅದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ $c-v$ ಅಥವಾ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ $c+v$ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ; **ಅದು c ಆಗಿಯೇ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ.**[7] c ಏನಿದ್ದರೂ ಗಾಳಿಯ ಗುಣವಿಶೇಷಣಗಳಾದ γ ಮತ್ತು Tಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರವೇ ಅವಲಂಬಿಸಿರು ವುದರಿಂದ ಅದು ಶಬ್ದೋತ್ಪಾದಕದ ಚಲನೆಯನ್ನು ಲಕ್ಷ್ಯಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲ, ಎಂದು ಹೇಳಿ ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗೆ ಸಮಾಧಾನ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಶಬ್ದಪ್ರಸಾರ

ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿರುವ ವೀಕ್ಷಕನಿಗಾಗಲೀ, ಉತ್ಪಾದಕದೊಂದಿಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವೀಕ್ಷಕನಿಗಾಗಲೀ ಒಂದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ $(\partial_{xx}+\partial_{yy}+\partial_{zz}-1/c^2\,\partial_{tt})\,\phi=0$ ಎಂಬ ತರಂಗ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಂದ ಕೂಡಲೇ ಮೇಲಿನ ಇಬ್ಬರು ವೀಕ್ಷಕರ ದೇಶ–ಕಾಲಗಳು

$$x'=x-vt,\ y'=y,\ z'=z,\ t'=t \tag{1}$$

ಎಂದು ಗೆಲಿಲಿಯನ್ ರೀತ್ಯಾ ಸಂಬಂಧಿಸದೆ

$$x'=\frac{x-vt}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}},\ y'=y,\ z'=z,\ t'=\frac{t-\frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \tag{2}$$

ಎಂದು ಲೋರೆಂಟ್ಸ್ ರೀತಿಯಲ್ಲೇ ಸಂಬಂಧಿಸಿದೆ ಎಂಬುದು ಅಸಂದಿಗ್ಧ[8]. (ಇದರರ್ಥ ಹೀಗೆ: ತರಂಗ ಸಮೀಕರಣದ x, y, z, t ಜಾಗಗಳಲ್ಲಿ (2)ನೇ ಸಂಬಂಧದ ರೀತ್ಯಾ x', y', z', t' ಬಳಸಿದಾಗ ಸಮೀಕರಣದ ರೂಪ ಬದಲಾಯಿಸುವುದಿಲ್ಲ; (1)ನೇ ಸಂಬಂಧದ ರೀತ್ಯಾ ಬಳಸಿದಾಗ ವಿರೂಪವಾಗುತ್ತದೆ.) ಇಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸಬೇಕಾದ ಅತಿ ಮುಖ್ಯಾಂಶ ಇದು: ಇಬ್ಬರು ವೀಕ್ಷಕರೂ ಶಬ್ದದ ಮೂಲಕವಾಗಿಯೇ ದೇಶಕಾಲಗಳ ಬಗ್ಗೆ ವಿಷಯ ವಿನಿಮಯ ಮಾಡಬೇಕೇ ವಿನಾ ಇನ್ನಾವುದೇ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನೂ ಬಳಸಬಾರದು. ಈ ನಿಯಮದ ಆಯುಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಸ್ತಬ್ಧಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಮೊದು ಶಬ್ದಪ್ರಸಾರಕ್ಕೂ, ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸಾರಕ್ಕೂ ಇರುವ ಹೋಲಿಕೆ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ: ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸಾರವೂ ಇದೇ ತರಂಗ ಸಮೀಕರಣವನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸುತ್ತದೆ; ತತ್ಸಂಬಂಧವಾದ ದೇಶಕಾಲಗಳೂ (2)ನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ ವಿಕಾರಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಈಗ ವೀಕ್ಷಕರ ವಿನಿಮಯ ಬೆಳಕಿನ ಸಂಕೇತಗಳ ಮೂಲಕ—ಈಗ c ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನವೇಗ, ಅಷ್ಟೆ.

2 ಲೋರೆಂಟ್ಸ್ ಸಂಕೋಚ

ಲೋರೆಂಟ್ಸ್ ಸಂಬಂಧ (2)ರ ಒಂದು ವಿಚಿತ್ರ ಪರಿಣಾಮವೆಂದರೆ, ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುಗಳ ಸಂಕೋಚ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಚೆಂಡು ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಸಂಕುಚಿತಗೊಂಡು ಕೋಳಿಮೊಟ್ಟೆ ಆಕಾರವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. (ಈ ವಿಷಯ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಗಳಲ್ಲಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಜಟಿಲ. ವಿಶೇಷ ವಿಮರ್ಶೆಗೆ ವೀಸ್ಕಾಪ್ ನೋಡಿ[9]). ಶಬ್ದಪ್ರಸಾರಕ್ಕೆ ಇದರ ಹೋಲಿಕೆ ಇದ್ದಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ವಸ್ತುಗಳಿಗೂ ಈ ಸಂಕೋಚ ಇದ್ದೀತೇ? ಇದೆ. ಉಬ್ಬಿದ ಗುಂಡನೆಯ

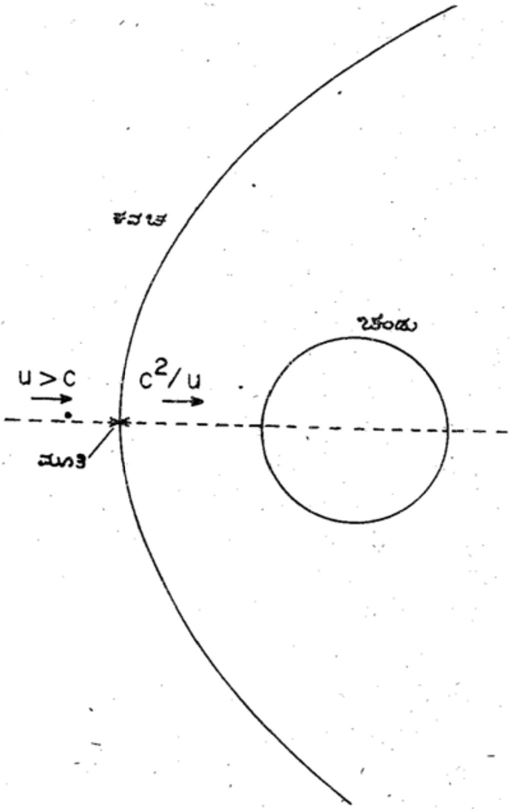
ಬೆಲೂನೊಂದು ಚಲಿಸುವಾಗ ಕೋಳಿಮೊಟ್ಟೆ ಆಕಾರ ತಾಳುತ್ತದೆ. ಹಾಗಾದರೆ ಉಕ್ಕಿನ ಚೆಂಡಿಗೂ ಇದೇ ಪರಿಣಾಮ ಸಾಧ್ಯವೇ? ಇಲ್ಲ. ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ಏನು? ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಚೆಂಡಿನ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ (2)ರ ರೀತ್ಯಾ ಒತ್ತಡಗಳು ವಿವಿಧ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರೆಬೇರೆ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಹೊರಗೆ ನಿಂತ ವೀಕ್ಷಕನ ಮೌಲ್ಯಗಳಿಗೂ ಇವಕ್ಕೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿದೆ. ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಗುಂಡನೆಯ ಬೆಲೂನಿನ ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕ ಬಲವನ್ನೂ ಮೀರಿಸುವಷ್ಟು ತೀವ್ರವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಬೆಲೂನಿನ ಆಕಾರ ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ ಆದರೆ ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಉಕ್ಕಿನ ಚೆಂಡಿನ ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕ ಬಲದ ಹೋಲಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಯಃಕಶ್ಚಿತ್ತಾದ್ದರಿಂದ ಉಕ್ಕಿನ ಚೆಂಡಿನಾಕಾರ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಇದರ ವೇಗ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಸಮೀಪಿಸಿದರೆ, ಆಕಾಶತತ್ತ್ವದಲ್ಲಿ ಒತ್ತಡಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಉಕ್ಕನ್ನೂ ಬಗ್ಗಿಸಬಲ್ಲುದಾಗುತ್ತದೆ.[10] ಲೋರೆಂಟ್ಸ್ ಸಂಕೋಚದ ಬಗ್ಗೆ ಈ ದೃಷ್ಟಿಕೋನ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ಸಿಕ್ಕುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೂ ಇದರ ಜಿಜ್ಞಾಸೆಯನ್ನು ನಡೆಸುವುದು ಒಳ್ಳೆಯದು.

3. ಒಂದು ಸಹಜಪ್ರಶ್ನೆ–ಉತ್ತರ

ಶಬ್ದಪ್ರಸಾರಕ್ಕೂ, ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸಾರಕ್ಕೂ ಈ ಹೋಲಿಕೆ ಇರುವುದಾದರೆ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ವಿಮಾನಗಳ ಶಬ್ದಾತಿಗ ಚಲನೆಯನ್ನು (2) ಹೇಗೆ ವರ್ಣಿಸಬಲ್ಲುದೆಂಬುದು ಇಲ್ಲೊಂದು ಸಹಜಪ್ರಶ್ನೆ. ಈಗಿನ ವೇಗ u ಆದರೆ $u>c$ ಆದ್ದರಿಂದ (2)ನೇ ಸಂಬಂಧಕ್ಕೆ ಅರ್ಥ ವಿಲ್ಲವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಮತ್ತು ಇತರ ಕಾರಣಗಳಿಂದ ಬೆಳಕಿಗಿಂತ ವೇಗವಾಗಿ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಚರಿಸಬಲ್ಲ ವಸ್ತು ಇರಲು ಅಸಾಧ್ಯವೆಂದು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ನಂಬಲಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, cಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚಾದ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಓಡುವ ವಸ್ತುಗಳ ಪ್ರಪಂಚಗಳೇ ಬೇರೆಬೇರೆ. ಅಂದರೆ ಈ ಪ್ರಪಂಚದಿಂದ ಆ ಪ್ರಪಂಚಕ್ಕೆ c **ವೇಗದ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನೇ** ಬಳಸಿ ವ್ಯವಹಾರ ನಡೆಸಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ. ಅನ್ಯಾನ್ಯ ಸಂದರ್ಭಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪನೆಯಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಿಕೊಂಡು ಆಲೋಚಿಸಿದರೆ ಇದು ಅಸಾಧ್ಯ ವೆಂದು ಮನವರಿಕೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ $u>c$ ಆದಾಗಲೂ (2)ನೇ ಸಂಬಂಧವೇ ಅಳವಡಿಕೆಯಾಗಬೇಕೆಂಬ ಮನೋಭೂಮಿಕೆ ಮತ್ತು ಅಳವಡಿಕೆಯಾಗಲಿಲ್ಲವೆಂಬ ಭಯ—ಎರಡೂ ತಪ್ಪು, ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲೇ ಹುಡುಕಬೇಕು.

ಇದನ್ನು ಮುಂಚೆ ಶಬ್ದಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಹುಡುಕೋಣ.[11] ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಶಬ್ದಾತಿಗ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಉಕ್ಕಿನ ಚೆಂಡನ್ನು ಗಮನಿಸಿ. (ಅಂದಹಾಗೆ, ಆದರ ವೇಗ ಶಬ್ದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಜಾಸ್ತಿಯೆಂದು ಶಬ್ದಸಂಕೇತಗಳ ಬಳಕೆಯಿಂದಲೇ ತಿಳಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಚೆಂಡು ಮುಂದೆ ಹೋಗುತ್ತಿದ್ದರೆ ಶಬ್ದ ಅದರ ಬೆನ್ನಟ್ಟಲಾರದು; ಅದು ನಮ್ಮ ಕಡೆ ಬರುತ್ತಿದ್ದರೆ ನಾವು ಕಳಿಸಿದ ಶಬ್ದಸಂಕೇತ ಅದನ್ನು ಮುಟ್ಟಿ ಹಿಂದಿರುಗು

ವುದರೊಳಗೆ ಚೆಂಡೇ ನಮ್ಮನ್ನು ದಬ್ಬಿಕೊಂಡು ಮುಂದೆ ಹೋಗಿರುತ್ತದೆ. ಶಬ್ದಾತಿಗ ವೇಗವನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಆ ವೇಗಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಾದ ಬೆಳಕನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.) ಆಗ ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಚೆಂಡನ್ನು ಬಚ್ಚಿಡುತ್ತಾ ತಾನೇತಾನಾಗಿ ಗಾಳಿಯು ಒಂದು ಕವಚವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುತ್ತದೆ (ಚಿತ್ರ 1). ಕವಚದ ಹೊರಗಿನ



ಚಿತ್ರ 1. ಶಬ್ದಾತಿಗ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಚೆಂಡು (ಬಾಣಾಕಾರದ ಚಿಹ್ನೆ ಗಾಳಿಯ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ)

ಗಾಳಿಯ ದೃಷ್ಟಿಗೆ ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಚೆಂಡಿನ ವೇಗ u ಆದರೆ ಕವಚದ ಒಳಗಿನ ಗಾಳಿಯ ದೃಷ್ಟಿಗೆ ಅದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ವೇಗ $v = c^2/u < c$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. $uv = c^2$ ಎಂಬುದನ್ನು ಪ್ರಾಂಟಲ್ ಸಮೀಕರಣ ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಆದ್ದರಿಂದ (2) ರಲ್ಲಿನ

v ಜಾಗದಲ್ಲಿ c^2/u ಹಾಕುವುದರಿಂದ ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯ ಲೋರೆಂಟ್ಸ್ ಸಂಬಂಧ ಲಭ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ,

$$x' = \frac{x - \frac{c^2 t}{u}}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{u^2}}},\ y' = y,\ z' = z,\ t' = \frac{t - \frac{x}{u}}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{u^2}}} \quad (3)$$

ಈಗ $u > c$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ಮೇಲೆ ಉಲ್ಲೇಖಿಸಿರುವ ಅನರ್ಥ ಇದರಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಇನ್ನೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ನೋಡಿದರೆ ಸಂಬಂಧ (3)ನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಬದಲಾಯಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಿರುವ ಕವಚದ ಆಕಡೆ ಈಕಡೆ ವೇಗಗಳಾದ u ಮತ್ತು v ಗಳ ಸಂಬಂಧ (ಅಂದರೆ ಪ್ರಾಂಟಲ್ ಸಮೀಕರಣ) ನಿಜಕ್ಕೂ $uv = \frac{2c^2}{\gamma + 1}$. ಆದ್ದರಿಂದ ಶಬ್ದಾತಿಗ ಲೋಕದ ಲೋರೆಂಟ್ಸ್ ಸಂಬಂಧವನ್ನು (2) ರಲ್ಲಿನ v ಜಾಗದಲ್ಲಿ $2c^2/(\gamma + 1)u$ ಬರೆಯುವುದರಿಂದ ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಪಡೆದುಕೊಂಡ ಸಂಬಂಧಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣ್ಯವಾದ ಲೋರೆಂಟ್ಸ್ ಸಂಕೋಚಕ್ಕೆ ಮಹತ್ತಾದ ಅರ್ಥವಿದೆ: ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿರುವ ಕವಚದ ಮೂತಿಯ ವಕ್ರತಾತ್ರಿಜ್ಯ R ಆದರೆ, ತತ್ಸಂಬಂಧವಾದ ಲೋರೆಂಟ್ಸ್ ಸಂಕುಚಿತ ವಕ್ರತಾತ್ರಿಜ್ಯ ಚೆಂಡಿನದಾಗಿರುತ್ತದೆ! ಅರ್ಥಾತ್, ಕವಚದ ಒಳಗಿನ ವೀಕ್ಷಕನಿಗೆ ಚೆಂಡು ಚೆಂಡಾಗಿಯೇ ಗೋಚರವಾದರೂ, ಹೊರವೀಕ್ಷಕನಿಗೆ ಚೆಂಡು ಕವಚವಾಗಿ ಗೋಚರವಾಗುತ್ತದೆ–ಅವರ ಶಬ್ದೇಂದ್ರಿಯಗಳಿಗೆ.

§4. ಕಾರ್ಯ ಕಾರಣ ಸಂಬಂಧ

ಶಬ್ದಕ್ಕಿಂತ ವೇಗದ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕ್ಲಿಷ್ಟ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯ ಭಯವಿದೆ. ಇದನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಊಹೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳೋಣ. 'ಕ' ಮತ್ತು 'ಗ' ಇಬ್ಬರು ವೀಕ್ಷಕರು. 'ಕ' ವೀಕ್ಷಕ 'ಗ' ಕಡೆಗೆ ಶಬ್ದಾತಿಗವಾದ ಒಂದು ಗುಂಡನ್ನು ಹಾರಿಸುತ್ತಾನೆ. ಅದು 'ಗ' ಬಳಿಗೆ ಬಂದ ಕೂಡಲೇ ಸಿಡಿಯುತ್ತದೆ. (ಆದರೂ 'ಗ' ಸಾಯಲಿಲ್ಲವೆಂದಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ!) ಶಬ್ದಾತಿಗವಾದ ಗುಂಡು ತುಪಾಕಿಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟಾಗ ಉಂಟಾದ ಶಬ್ದ 'ಗ' ವನ್ನು ತಲುಪುವುದಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆಯೇ ಪಕ್ಕದಲ್ಲೇ ನಡೆದ ಗುಂಡಿನ ಸಿಡಿತದ ಶಬ್ದ ಅವನಿಗೆ ಕೇಳಿಬರುತ್ತದೆ. 'ಗ' ಏನಾದರೂ ಕಿವಿಗಳಿಂದ ಮಾತ್ರವೇ ಈ ಘಟನೆಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದ್ದಲ್ಲಿ ಅವನ ಪಾಲಿಗೆ

“ಗುಂಡುಗಳು ಮುಂಚೆ ಸಿಡಿಯುತ್ತವೆ—ಆ ಮೇಲೆ ತುಪಾಕಿಯಿಂದ ಹೊರಹಾರುತ್ತವೆ” ಎಂಬ ಆಭಾಸ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಒದಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ‘ಕ’ ವಿಗೆ ಕಿವಿಯಿಂದಲೇ ಯಥಾರ್ಥ ಜ್ಞಾನವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರರ್ಥ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಕಾರಣ ಕಾರಣ ವಾಗಿಯೇ, ಕಾರ್ಯ ಕಾರ್ಯವಾಗಿಯೇ ತೋರಬೇಕಿಲ್ಲ ಎಂದಲ್ಲ. ‘ಕ’ ವಿಗೆ ಬರಿ ಕಿವಿಯಿಂದಲೇ ಉಂಟಾದ ಯಥಾರ್ಥಜ್ಞಾನ ‘ಗ’ ವಿಗೆ ಕಣ್ಣು, ಕಿವಿ ಎರಡನ್ನೂ ಉಪಯೋಗಿಸಿದಾಗಲೇ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದೇ ಸಂಕೇತ ಉಪಯೋಗಿಸಿದಾಗ ಇಬ್ಬರು ವೀಕ್ಷಕರಿಗೆ ಕಾರ್ಯ ಕಾರಣ ಸಂಬಂಧ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿತೋರಿದ ಕೂಡಲೇ, ಕಾರ್ಯ ಮತ್ತು ಕಾರಣಗಳ ಸಂಧಾನ ತಮ್ಮ ಸಂಕೇತದ ವೇಗಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ವೇಗದಿಂದಲೇ ನಡೆದಿರಬೇಕು–ಎಂದು ತೀರ್ಮಾನಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಕಾರ್ಯಯಾವುದು, ಕಾರಣ ಯಾವುದು ಎಂದು ತೀರ್ಮಾನವಾಗುವುದು ಸಂಧಾನಕ್ಕೇ ಲಗತ್ತಾಗಿರುವ ವೀಕ್ಷಕನಿಂದ ಮಾತ್ರವೇ. ಬೇರೆ ವೀಕ್ಷಕರಿಗೂ ಇದರ ಯಥಾರ್ಥ ಜ್ಞಾನವಾಗಬೇಕಿದ್ದರೆ, ಅವರು ಸಂಧಾನದ ವೇಗಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಾದ ವೇಗದ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನೇ ಬಳಸಬೇಕು. ಸಂಧಾನದಷ್ಟೇ ವೇಗದ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಬಳಸಿದಾಗಲೂ ಕಾರ್ಯಕಾರಣಗಳೆರಡೂ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಪ್ತವಾಗುವುದರಿಂದ[13], ಕಾರ್ಯ ಯಾವುದು–ಕಾರಣ ಯಾವುದು, ಎಂಬುದರ ಅಸಂದಿಗ್ಧ ಜ್ಞಾನವಾಗುವುದಿಲ್ಲ[14].

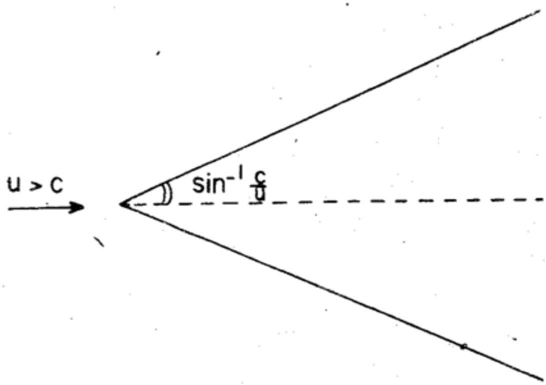
ಮೇಲಿನ ವಿಷಯದ ಕೊನೆಯ ವಾಕ್ಯಗಳನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಮನನ ಮಾಡಬೇಕು. ಇವು ಶಬ್ದಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಸೀಮಿತಗೊಳ್ಳದ, ಎಲ್ಲ ಪ್ರಸಂಗಳಳಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸಬಲ್ಲ ವಾಕ್ಯಗಳು. ಬೇರೆ ಯಾವುದೇ ವೀಕ್ಷಕ ಕಾರ್ಯಕಾರಣ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಸಂಧಾನಕ್ಕೆ ಲಗತ್ತಾದ ವೀಕ್ಷಕನ ಕಾಲದ ಹೋಲಿಕೆಯಲ್ಲೇ ತೀರ್ಮಾನಿಸಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಅವನ ಭೂತ ಭವಿಷ್ಯತ್ತುಗಳೇ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಭೂತ ಭವಿಷ್ಯತ್ತುಗಳಾಗಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ ಕಾಲದೃಷ್ಟಿ (Proper unit time vector) ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕು. (ಕಾಲವೇ ಒಂದಾಗಿರಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಹಾಗೆ ನೋಡಿದರೆ, ಕಾಲವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆಂಬ ಭೂಮಿಕೆಯನ್ನೂ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾದದಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಕಡೆ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ). ದೇಶಕಾಲಗಳು ಒಂದೇ ತತ್ತ್ವದ ಎರಡು ಮುಖಗಳೆಂದು ಸಿದ್ಧಪಟ್ಟಿರುವ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಇದರರ್ಥ ಹೀಗೆ: ಸಂಧಾನಕ್ಕೆ ಲಗತ್ತಾದ ವೀಕ್ಷಕನ ದೇಶಕ್ಕೂ, ಅವನ ಕಾಲದೃಷ್ಟಿಯಂತೆಯೇ, ಒಂದು ವಿಶೇಷ ಮನ್ನಣೆಯುಂಟು. ಅದನ್ನೇ ನಾವು ಆಕಾಶ ಎಂದು ಕರೆಯುವುದು. ಇದನ್ನು ಇನ್ನೂ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಹೇಳಬೇಕಾದರೆ ಇನ್ನೂ ಕ್ಲಿಷ್ಟವಾಗಿಯೇ ಹೇಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.‘ ‘Absolute space or aether is the 3-dimeasional hypersurface orthogonal to the invariant proper unit time vector”. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಮನದಟ್ಟಾಗಿದ್ದರೆ, ಸಂಧಾನದಷ್ಟೇ ವೇಗದ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಬಳಸಿದಾಗಲೂ ಕಾರ್ಯಕಾರಣ ಸಂಬಂಧವು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಭಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೊಂದು ಪುಟ್ಟ ಉದಾಹರಣೆ ಗಮನಿಸಿ: ಕಣ್ಣಿಗೆ ಬೆಳಕು

ಬಿದ್ದ ಕೂಡಲೇ ಒಬ್ಬ ಕಣ್ಣು ಮುಚ್ಚುವುದನ್ನು ನಾವು ನೋಡುತ್ತೇವೆ. ಕಣ್ಣಿನ ಮೇಲೆ ಬೆಳಕು ಬೀಳುವಿಕೆ ಮತ್ತು ಕಣ್ಣು ಮುಚ್ಚುವಿಕೆ—ಎರಡೂ ನಮಗೆ ಒಂದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಗೋಚರವಾದರೂ, ಮೊದಲನೆಯದು ಕಾರಣ ಎರಡನೆಯದು ಕಾರ್ಯ ಎಂಬುದರಲ್ಲಿ ಅನುಮಾನವಿಲ್ಲದಿರುವುದಕ್ಕೆ ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ದೃಢವಾಗಿ ನೆಲೆಸಿರುವ ಆಕಾಶ ತತ್ತ್ವವೇ ಕಾರಣ[15]. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಆಕಾಶವೇ ಇದು ; ಆದರೆ ಇಲ್ಲಿ ಅದರ ಪ್ರತಿಪಾದನೆಯನ್ನು ಕಾರ್ಯಕಾರಣ ಸಂಬಂಧದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ, ಅಷ್ಟೆ.

5. ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಮೀರಿದ ಚಲನೆ

ಹಿಂದಿನ ಶೀರ್ಷಿಕೆಯಲ್ಲಿ ವಿಮರ್ಶಿಸಿರುವ ಸರ್ವವ್ಯಾಪಿಯಾದ ಆಕಾಶ ತತ್ತ್ವ ಬಹು ಸೂಕ್ಷ್ಮ, ಬಹು ಗೂಢ. ಆದರೂ ಅದನ್ನು (ಹಲವು ಗುಣಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ) ಶಬ್ದ ಪ್ರಸಾರದ ವೇದಿಕೆಯಾದ ಸ್ತಬ್ಧಗಾಳಿಯ ಉಪಮಾನದ ಮೇಲೆ ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯ. ಈ ಉಪಮಾನದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಪ್ರಶ್ನೆ ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತದೆ : ಕಾರ್ಯಕಾರಣ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ವಿಚ್ಛಿತ್ತಿಗೊಳಿಸದೆ ಶಬ್ದಾತಿಗ ಚಲನೆ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಧ್ಯವಿರುವಂತೆ, ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಮೀರಿದ ಚಲನೆ ಸಾಧ್ಯವೇ? ಈ ಉಪಮಾನದ ಆಧಾರ ವಿಲ್ಲದೆ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಮೀರಿದ ಚಲನೆಯನ್ನು ಪ್ರಥಮವಾಗಿ 1962ರಲ್ಲಿ ವಿಮರ್ಶೆ ಆರಂಭಿಸಿದ ಕೀರ್ತಿ ಸುದರ್ಶನರದು[16]. (ಇಷ್ಟು ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಟಾಚ್ಯಾನುಗಳು (Tachyons) ಎಂದು ನಾಮಕರಣ ಮಾಡಿದ್ದು ಫೀನ್‌ಬರ್ಗ್[17]. ಹಾಗೆ ನೋಡಿದರೆ ಈ ಪದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಸರಿಯಾಗಿ ವರ್ಣಿಸುವುದಿಲ್ಲ; ಅದರರ್ಥ ಏನಿದ್ದರೂ ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಅಣುಗಳು, ಎಂದಷ್ಟೆ). ಆದರೆ ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಮೇಲಿನ ಉಪಮಾನದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಆಕಾಶ ತತ್ತ್ವದಲ್ಲಿ ರೂಢಿಸಿ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಲಾಭ ಇದೆ. ಆಗ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ, ಕಾರ್ಯಕಾರಣ ಸಂಬಂಧ ಹಾನಿಯಾಗದಂತೆ ಅದರ ಪ್ರತಿಪಾದನೆ ಸಿದ್ಧವಾಗುವುದಲ್ಲದೆ[18], ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಮನ್ನಣೆ ಪಡೆದ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿಗಿಂತ ವೇಗವಾದ ವಸ್ತುಗಳ ಚಲನೆಗೆ—ಶಬ್ದ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿದ್ದಂತೆಯೇ—ಅಭ್ಯಂತರವಿಲ್ಲವೆಂಬುದೂ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ.

ಸೂಚಿಕೆ§3ರಲ್ಲಿ ಶಬ್ದಾತಿಗ ಚೆಂಡೊಂದು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ಮಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಕವಚದ ಬಗ್ಗೆ (ಚಿತ್ರ 1) ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಚೆಂಡಿನ ಬದಲು ಬಿಂದುವಿನ ಗಾತ್ರದ ವಸ್ತುವೊಂದು ಶಬ್ದಾತಿಗವಾಗಿ ಚಲಿಸಿದರೆ ಆಗ ಕವಚವು ಚಿತ್ರ 2ರಲ್ಲಿದ್ದಂತೆ ನಿರ್ಮಾಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಮೀರಿ ಒಂದು ಅಣು ಚಲಿಸಿದರೆ ಅದರೊಂದಿಗೆ ಪೊಟ್ಟಣದ ಆಕಾರದ ಒಂದು ಕವಚ ನಿರ್ಮಾಣಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಈ ಕವಚದ ಆಕಾರವು ಅಣುವಿನ ವೇಗವನ್ನು ವಿಶಿಷ್ಟ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅವಲಂಬಿಸುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 2. ಶಬ್ದಾತಿಗ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಬಿಂದುವಿನ ಗಾತ್ರದ ವಸ್ತು
(ಬಾಣಾಕಾರ ಚಿಹ್ನೆ ಗಾಳಿಯ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ)

ಅದರ ಪ್ರಪಂಚ ಈ ಕವಚದ ಒಳಗಡೆಗೆ ಸೀಮಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೊರಗಿನ ಪ್ರಪಂಚದ ಮೇಲೆ ಇದು ಯಾವ ಪ್ರಭಾವವನ್ನೂ ಬೀರಲಾರದು. ಇದರಿಂದ ಆಕಾಶವು ಎರಡು ದೇಶಗಳಾಗಿ ಬೇರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದು ಚಲಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆ ಸಮಾನಾವಸ್ಥೆಯನ್ನು (**Isotropy**) ಹೊಂದಿದ್ದ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಈಗ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳುಳ್ಳ ಎರಡು ದೇಶಗಳುಂಟಾಗಿವೆ. ಈ ವೈಪರೀತ್ಯದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸಾರವೂ ವಿಕಾರವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಒಳಗಿನ ಬೆಳಕು ಹೊರಕ್ಕಾಗಲೀ, ಹೊರಗಿನ ಬೆಳಕು ಒಳಕ್ಕಾಗಲೀ ಹೋಗದಂತೆ ಕವಚ ತಡೆಯುತ್ತದೆ. ಈ ವೈಕಾರ್ಯದಿಂದಲೇ ಕವಚದ ಆಕೃತಿಯನ್ನೂ ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಅದರಿಂದ ಅಣುವಿನ ವೇಗವನ್ನೂ ಗುರುತಿಸಬಹುದು.

ಮೇಲೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಈ ವಿಮರ್ಶೆ ಇಂತಹ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಬೇರೆಯವರು ಕೊಟ್ಟಿರುವ ವಿಮರ್ಶೆಗಳಿಗಿಂತ ಅತ್ಯಂತ ಭಿನ್ನವಾಗಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ವಿಮರ್ಶೆಗಳಲ್ಲಿರುವ ಲೋಪಗಳಾಗಲೀ, ಅದನ್ನು ನಿವಾರಿಸುವ 'ಅನುಕೂಲ ಸಿಂಧು' ವ್ಯಾಖ್ಯೆಗಳಾಗಲೀ ಯತ್ಕಿಂಚಿತ್ತೂ ಪ್ರವೇಶ ಮಾಡುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಹಲವು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಸಂಗಡ ಚರ್ಚಿಸಿ, ಈ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಸೂಕ್ತವಾದ ಬೇರೆ ನಾಮಕರಣವನ್ನೂ ಮಾಡಿದೆ[19]. 'ರುಚ್' ಎಂದರೆ ಸಂಸ್ಕೃತದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು. ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಮೀರಿ ಚಲಿಸುವ ಅಣು 'ರುಗ್ತಿಗಾಣು' (Rugtigon) ಆಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದಲ್ಲೇ ಚಲಿಸುವ ಅಣು 'ರುಗ್ಗಾಣು'ವೂ (Ruggon), ಆವೇಗಕ್ಕೆ ಊನವಾಗಿ (ಕಡಿಮೆಯಾಗಿ) ಚಲಿಸುವ ಅಣು 'ರುಗೊನೋಣು'ವೂ (Rugonon) ಆಗುತ್ತವೆ. ಈ

ಹೆಸರುಗಳು ಆಯಾ ಅಣುಗಳ ಸ್ವರೂಪಗಳನ್ನು ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತದಲ್ಲೇ ಸ್ಪಷ್ಟ ಪಡಿಸುವುದರಿಂದ ಈ ಹೆಸರುಗಳೇ ಸೂಕ್ತ*.

ಹಿನ್ನುಡಿ

ನಮ್ಮ ಪ್ರಾಚೀನ ಸಾಹಿತ್ಯದಲ್ಲಿ ದೇಶ, ಕಾಲ, ಕಾರ್ಯಕಾರಣ ಸಂಬಂಧಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಅತಿ ಗಂಭೀರವಾದ ವಿಮರ್ಶೆಇದೆ. ತೈತ್ತರೀಯ ಆರಣ್ಯಕದಲ್ಲಿರುವ ಕಾಲದ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯಿಂದಲೇ ನ್ಯೂಟನ್ನರು ಕಾಲದ ಬಗ್ಗೆ ಅವರ ವ್ಯಾಖ್ಯೆಯನ್ನು ತಮ್ಮ 'ಪ್ರಿನ್ಸಿಪಿಯಾ'ದಲ್ಲಿ ಭಾಷಾಂತರಿಸಿದಂತಿದೆ. ಲಲಿತಾಪ್ರೋತ್ತರದಲ್ಲಿ 'ಆಕಾಶವು ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸಾರಕ್ಕೂ, ವಸ್ತುಗಳ ಚಲನೆಗೂ ಇರುವ ವೇದಿಕೆ' ಎಂದು ವ್ಯಾಖ್ಯಾನ ಮೂಡಿರುವುದು ಯಾವ ಆಧುನಿಕ ವಿಜ್ಞಾನಿಯನ್ನಾದರೂ ಚಕಿತಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ಬ್ರಹ್ಮಸೂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ 'ಯಾವದ್ವಿಕಾರಂತು ವಿಭಾಗೋ ಲೋಕವತ್' ಎಂಬುದರ ಶಂಕರ ವ್ಯಾಖ್ಯಾನವನ್ನು ಓದಿದವರಿಗೆ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾದದ ಜಟಿಲತೆ ಎಷ್ಟೋ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಸಾಪೇಕ್ಷವಾದದ ಸಂಪೂರ್ಣಗ್ರಹಿಕೆಗೆ ನಮ್ಮ ಪ್ರಾಚೀನ ಸಾಹಿತ್ಯದ ಅಧ್ಯಯನ ಬಹುಸಹಕಾರಿ, ಎಂದೇ ನನ್ನ ಅಭಿಪ್ರಾಯ;[20] ಆಧುನಿಕ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆಲ್ಲರಿಗೂ ಇದರ ಅಧ್ಯಯನದ ಬಗ್ಗೆ ವೃದ್ಧಿಂಗತ ಆಸಕ್ತಿ. ಇದು ನಮಗೊಂದು ಹೆಮ್ಮೆಯ ವಿಷಯ.

ಉಲ್ಲೇಖಗಳು

1. A. A. Michelson, Am. J. Sci., 22, 20 (1881)

2. H. A. Lorentz, "Electromagnetic Phenomena in a System Moving wlth any Velocity less than that of light"; Proc. Acad. Sci., Amsterdam, 6, 809 (1904).

3. H. Poincare, Congress of Arts and Science at St. Louis, U.S.A., 24th September (1904).

4. A. Einstein, "On the Electrodynamics of Moving Bodies" Ann. der. Phys. 17, 891 (1905).

5. E. T. Whittaker, "A History of the Theories of Aether and Electricity" Vol II, Thomas Nelson and Sons Ltd., Edinburgh (1953).

---

*ಈ ನಾಮಕರಣಕ್ಕೆ ಪೌರೋಹಿತ್ಯ ವಹಿಸಿದ ವೇ|| ಬಿ. ಎಸ್. ವೆಂಕಟ ಕೃಷ್ಣ ಶರ್ಮರಿಗೆ ನಾನು ಋಣಿ.

6. A. Einstein, "Aether und Relativitatstheorie" Rede gehalten am 5, Mai (1920) (Univ. Z. Leiden), Bln., Julius Springer (1920).

7. R. P. Feynmann, "Lectures on Physics", Addison-Wesley Vol I, p. 15-2 (1963).

8. H. G. Kussner, Luftfahrt—Forsch. 17, 370 (1975)

9. V. F. Weiskopf, Phys. Today, 13, 24 (1960)

10. E. L. Feinberg, "Can the Relativistic change in the scales of lengh and time be considered the result of the action of certain forces?" Usp. Sov. Phys. 18, No. 8, 624 (1975).

11. T. S. Shankara and K. K. Nandi, Jour. Appl. Phys., (To appear).

12. T. S. Shankara and A. K. Sreekanth, Jour. Appl. Phys., 48, 1765 (1977).

13. ಗೌಡಪಾದ, ಮಾಂಡೂಕ್ಯ ಉಪನಿಷತ್ (ಕಾರಿಕೆ), ಕಾಲ–ಗೊತ್ತಿಲ್ಲ.

14. J. Soln, Lett Nuovo Cim. 15, 245 (1976).

15. A. N. Whitehead, "Process and Reality" (1969).

16. E. C. G. Sudarshan, et. al. Am. J. Phys., 30, 718 (1962).

17. G. Feinberg, Phys. Rev., 159, 1089 (1967)

18. E. A. Lord and Shankara, Foundations of Physics, 7, 459 (1977).

19. T. S. Shankara, Lecture in Zurich and Berlin, Preprint.

20. T. S. Shankara, "Reflection and Speculations on Space, Time and Causality" Research Bulletin, Published by Adisankara Adwaita Research Centre, 28, A.N.H. Road, Madras-600034.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವಾಣಿ

ಸುಖಿಯಾದ ಒಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿ ವರ್ತಮಾನ ಕಾಲದ ಬಗೆಗೆ ಅದೆಷ್ಟು ಸಂತುಷ್ಟನಾಗಿರುವನೆಂದರೆ ಆತ ಎಂದೂ ಭವಿಷ್ಯವನ್ನು ಕುರಿತು ಹೆಚ್ಚಾದ ಚಿಂತೆಯನ್ನು ಹಚ್ಚಿಕೊಳ್ಳಲಾರ. ತರುಣರಾದರೋ ದಿಟ್ಟ ಯೋಜನೆಗಳ ಬೆಂಬತ್ತಿ ಸದಾ ಸಾಗುವುದೇ ಅವರ ಪ್ರವೃತ್ತಿ. ತನ್ನ ಆಸೆ ಆಕಾಂಕ್ಷೆಗಳ ಗುರಿ ಏನೆಂಬುದರ ಬಗೆಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಷ್ಟೂ ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾದ ಚಿತ್ರವನ್ನು ರೂಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದದ್ದು ನಿಷ್ಠಾವಂತ ತರುಣನಿಗೆ ಸಹಜವಾದದ್ದೂ ಹೌದು.

ಪರೀಕ್ಷೆಗಳನ್ನು ಜಯಪ್ರದವಾಗಿ ಅಡ್ಡಹಾಯುವ ಸೌಭಾಗ್ಯ ನನ್ನದಾದರೆ ಆಗ ನಾನು ಝೂರಿಕ್ಕಿನ ಫೆಡರಲ್ ಇನ್‌ಸ್ಟಿಟ್ಯೂಟ್ ಆಫ್ ಟೆಕ್ನಾಲಜಿಗೆ ದಾಖಲಾಗುತ್ತೇನೆ. [ಇದನ್ನು ಬರೆದಾಗ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ವಯಸ್ಸು ಸುಮಾರು ಹದಿನಾರು ವರ್ಷಗಳು[ಅಲ್ಲಿ ನಾಲ್ಕು ವರ್ಷಗಳ ಕಾಲ ತಂಗಿದ್ದು ಗಣಿತವನ್ನೂ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವನ್ನೂ ವ್ಯಾಸಂಗಿಸುತ್ತೇನೆ. ನೈಸರ್ಗಿಕ ವಿಜ್ಞಾನಗಳ ಈ ವಿಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ, ಇವುಗಳ ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ಶಾಖೆಗಳನ್ನು ಆಯ್ದುಕೊಂಡು, ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕನಾಗುವ ಆಸೆ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡಿದ್ದೇನೆ.

ನಾನು ಈ ಯೋಜನೆಯನ್ನು ಆಯಲು ಕಾರಣಗಳಿವು : ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಮುಖ್ಯವಾದದ್ದೆಂದರೆ ಅಮೂರ್ತ ಮತ್ತು ಗಣಿತೀಯ ಚಿಂತನೆಯತ್ತ ನನಗಿರುವ ವೈಯಕ್ತಿಕ ಒಲವು ಮತ್ತು ಕಲ್ಪನಾವಿಹಾರ ಹಾಗೂ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಚಾತುರ್ಯ ಇವುಗಳ ಅಭಾವ. ಇನ್ನು ನನ್ನ ಅಪೇಕ್ಷೆಗಳೂ ಇವೆ. ಅವಾದರೂ ನನ್ನಲ್ಲಿ ಇದೇ ನಿರ್ಧಾರವನ್ನು ಪ್ರಚೋದಿಸಿವೆ. ಇದು ತೀರ ಸಹಜವಾದದ್ದು. ಒಬ್ಬಾತನ ಒಲವು ಸದಾ ಇರುವುದು ಆತ ಕುಶಲತೆಯಿಂದ ನಿರ್ವಹಿಸಬಲ್ಲ ಕಾರ್ಯಗಳನ್ನು ಮಾಡುವುದರತ್ತ. ಅಲ್ಲದೇ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ವೃತ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿಧದ ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯವಿದೆ. ಇದು ನನಗೆ ಅತಿ ಪ್ರಿಯವಾದದ್ದು.

ಅನು : ಜಿ. ಟಿ. ಎನ್.

ಡಾ. ಎನ್. ಡಿ. ಹರಿದಾಸ್

ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಮತ್ತು ಮೂಲಕಣಗಳು

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷಸಿದ್ಧಾಂತ ಬೆಳಕಿಗೆ ಬಂದದ್ದು 1905ರಲ್ಲಿ. ಈಗ ಚಿರಪರಿಚಿತವಾದ ಈ ಸುಪ್ರಸಿದ್ಧ ಸಿದ್ಧಾಂತ, ಅದು ಪ್ರಕಟವಾದ ಕಾಲಕ್ಕೆ ವಿಜ್ಞಾನ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ, ಅದರಲ್ಲೂ ಅತಿಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ, ಒಂದು ಮಹಾ ಆಂದೋಲನವನ್ನೇ ಎಬ್ಬಿಸಿತು. ಅಂದು ಪ್ರಚಾರದಲ್ಲಿದ್ದ ಕಾಲ ಮತ್ತು ದೇಶಗಳ ಕಲ್ಪನೆಗಳ (space and time concepts) ಪುನಃ ಪರಿಶೀಲನೆಯೇ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ರವರ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಹುಟ್ಟಿಗೆ ಕಾರಣವಾದದ್ದು. ಈ ನೂತನ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪರಿಣಾಮ ವಾಗಿ ನ್ಯೂಟನ್ನಿನ ಕಾಲ–ದೇಶವಾದದ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ತೊರೆಯಬೇಕಾಯಿತು.

ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಕಾರಣವಾಗಿ ಪರಿಪೂರ್ಣವಾದ ಏಕಕಾಲತೆಯ (absolute simultaneity) ಕೊರತೆ, ಕಾಲದ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆ (time dilation) ಉದ್ದದ ಕುಗ್ಗುವಿಕೆ (length contraction)—ಇಂಥ ಅನಿರೀಕ್ಷಿತ ಚಿಹ್ನೆಗಳ ವಿಚಾರ ಈಗಾಗಲೇ ಜನಸಾಮಾನ್ಯ ಜ್ಞಾನವಾಗಿದೆ.

ಈ ತೆರನಾದ ಕೇವಲ ಕಾಲ–ದೇಶಗಳ ಮಧ್ಯಂತರಗಳ ವರ್ತನೆಯೇ ಅಲ್ಲದೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರವರ ವಾದ, ಜಡದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಒಂದು ವೇಗಾಲಂಬನೆ ಯನ್ನು ಮುನ್ಸೂಚಿಸಿದೆ :

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$$

ಎಂಬುದೇ ಆ ಸೂತ್ರ. ಈ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ m_0 ಎಂಬುದು ಕಣಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವೂ v ಕಣಗಳ ಮತ್ತು c ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಗಳಾಗಿಯೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಈ ವೇಗಾವ ಲಂಬನೆಯ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ಒಂದು ಕಣದ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಅಂತರ್ವೇಗ ಅಥವಾ ಆವೇಗ (momentum) ಈ ಕೆಳಕಂಡ ರೂಪವನ್ನು ತಾಳುತ್ತದೆ :

$$p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$$

ಈ ಸಂಬಂಧಗಳ ಅನುಕ್ರಮ ಫಲಿತಾಂಶವೆಂದರೆ, ಯಾವ ವಸ್ತುಕರಣವೂ ಬೆಳಕಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ವೇಗವನ್ನು ಹೊಂದಲಾರದು.

ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮಹತ್ಪರಿಣಾಮವೆಂದರೆ—ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಜಡತ್ತ್ವ ಮತ್ತು ಚೈತನ್ಯ (energy)ಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಸಮಾನತೆ. ಆ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸುವ ಸೂತ್ರವೇ $E=mc^2$.

ಮೂಲಕಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಈ ವಿಷಯ ಆಗಲೇ ಸಾಕಾದಷ್ಟು ಗಮನಕ್ಕೆ ಬಂದಿದೆ. ಈ ಮಹತ್ವಪೂರ್ಣ ಸಮಾನತೆಯ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಅಣುಸ್ಫೋಟನೆ ಮತ್ತು ಇತರ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳಿಂದ ಈಗಾಗಲೇ ಸಮರ್ಥಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಈ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸುವುದೇ ಈ ಲೇಖನದ ಮುಖ್ಯ ಉದ್ದೇಶ.

ಕಳೆದ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ನಂಬಿದ್ದೇನೆಂದರೆ, ನ್ಯೂಟನ್ನಿನ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ (mechanics) ನಿಯಮಗಳು, ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ಲನ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸೂತ್ರಗಳು (Maxwell's electromagnetic field equations), ಉಷ್ಣಬಲ ಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ (thermodynamics) ಮತ್ತು ಸಂಖ್ಯಾ-ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದ (statistical machanics) ನಿಯಮಗಳು, ಇವೆಲ್ಲವೂ ಮೂಲಭೂತ ತತ್ತ್ವಗಳ ಪರಮಾವಧಿ ಎಂದು ; ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ಗೋಚರವಾಗುವ ಎಲ್ಲ ವಿಷಯ, ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನೂ ಈ ಮೂಲಭೂತ ತತ್ತ್ವಗಳಿಂದಲೇ ವೈಜ್ಞಾನಿಕವಾಗಿ ಛಟ್ಟಿ ಇಳಿಸಬಹುದೆಂದು.

ಆದರೆ ಇಂತಹ ಗಾಢನಂಬಿಕೆಯನ್ನೂ ಜರ್ಜರಿಸಿದ ಪೆಟ್ಟುಬಿದ್ದದ್ದು, ಕಪ್ಪು ಕಾಯಗಳ ಪ್ರಭೆಯ ತರಂಗಾಂತರ ಪಟಲಗಳನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸಲು ಕೈಗೊಂಡ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ. ಈ ವೇಳೆಗಾಗಲೇ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳು (light waves) ಉಷ್ಣದ ಕಿರಣಗಳು (heat), ರೇಡಿಯೋ ಅಲೆಗಳು, ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳು ಇವೆಲ್ಲವೂ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ವಿವಿಧ ರೂಪಗಳೆಂದು ವೈಜ್ಞಾನಿಕರಿಗೆ ತಿಳಿದು ಬಂದಿತ್ತು. ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ತರಂಗಾಂತರವು (wave length) ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರದಿಂದ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ ಇತ್ಯಾದಿ. ಈಗ ನಾವು ಒಂದು ಲೋಹದ ಕೋಶವನ್ನು ಹೊರಗಡೆಯಿಂದ ಕಾಯಿಸಿ, ಆ ಕೋಶದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಣ್ಣರಂಧ್ರ ಮಾಡಿ, ಆ ರಂಧ್ರದಿಂದ ಹೊರಬರುವ ಪ್ರಭೆಯನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, ಆ ಪ್ರಭೆಯಲ್ಲಿ ನಾವು ಮೇಲ್ಕಂಡ ಎಲ್ಲಾ ರೀತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಕೋಶದ ಉಷ್ಣಕ್ಕೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಒಂದು ರೀತಿಯ ಅಲೆಗಳು ಮತ್ತೊಂದು ರೀತಿಯ ಅಲೆಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಕೋಶದ ಉಷ್ಣಾಂಶ(temperature)ವು ಸುಮಾರು $1000°C$ ಇದ್ದರೆ ಪ್ರಭೆಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಬೆಳಕಿನ ರೂಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಭೆಗೆ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಪ್ಪುಕಾಯ ಪ್ರಭೆ (blockbody radiation) ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಅಲೆಯೊಂದಿಗೂ ಒಂದು ಕಂಪನ (frequency)ವನ್ನು ಸಂಬಂಧಿಸ

ಬಹುದು. ತರಂಗಾಂತರವು ಹೆಚ್ಚಿದಷ್ಟೂ ಕಂಪನವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತಿಯ ಅಲೆಗಳಿಗೆ ಈ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಸೂತ್ರವು $c=\nu\lambda$ ಎಂಬ ರೂಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.

ಕಪ್ಪುಕಾಯದ ಪ್ರಭೆಯನ್ನು ಕಂಪನಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಎರಡು ಗುಂಪಾಗಿ ವಿಭಜಿಸಬಹುದು: ಮಂದಕಂಪನ ಪ್ರಭೆ (low frequency radiation) ಮತ್ತು ದ್ರುತಕಂಪನ ಪ್ರಭೆ (high frequency radiation). ಮಂದಕಂಪನದ ಇತಿಮಿತಿಗಳನ್ನು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಮತ್ತು ಇತರರ ಪೂರ್ವಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಿಂದ ಯಥೋಚಿತವಾಗಿ ವಿವರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿತ್ತು. ಆದರೆ ದ್ರುತಕಂಪನಗಳು ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ ಎಟುಕಿಗೆ ಸಿಗದೆ ಹೋದುವು (wien's laws).

ಈ ದ್ರುತಕಂಪನ ಮಿತಿಯನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಒಂದು ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕ ಕಲ್ಪನೆಯೇ ಬೇಕಾಯಿತು. ಇದು ಸಾಧ್ಯವಾದದ್ದು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ಪ್ಲಾಂಕರ ಭಗೀರಥ ಪ್ರಯತ್ನದಿಂದ. ಅವರ ಮಾತಿನಲ್ಲೇ ಹೇಳುವುದಾದರೆ—ನನ್ನ ಈ ಹೊಸಕಲ್ಪನೆ, ಉಷ್ಣಬಲ ಕ್ರಿಯಾಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಮಾಡಿರುವ ಒಂದು ಹುಚ್ಚು ಸಾಹಸವೆಂದೇ ಹೇಳಬಹುದು. ಹಾಗೆ ಹೇಳಿದ್ದು ಅವರ ಹಿರಿಮೆ. ಅವರ ಕಲ್ಪನೆ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಮಹಾಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕವೇ ಆಯಿತು,

ಮಾಕ್ಸ್‌ಪ್ಲಾಂಕ್‌ರವರ ವಿಚಾರಸರಣಿಯ ಪ್ರಕಾರ ν_0 ಸ್ಪಂದನ (natural frequency)ವಿರುವ ಉಯ್ಯಾಲಾಚಲನವು (harmonic motion) ಚೈತನ್ಯವನ್ನು $h\nu_0$ ಏಕಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುವುದಾಗಲೀ ಅಥವಾ ಹೊರಚೆಲ್ಲಲಾಗಲೀ ಸಾಧ್ಯ. ಈ ವಾದದ ಮೂಲಕ ಪ್ಲಾಂಕ್‌ರವರು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ನೂತನ ಆಧಾರಭೂತವಾದ ನಿಯತಾಂಕ (fandamental constant) 'h' ಸೃಷ್ಟಿಸಿದರು.

ಪ್ರಾಚೀನ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ (classical physics) ಈ ಹೊಸ ಕಲ್ಪನೆ ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಿಯಾಯಿತು. ಅಂತಃಶಕ್ತಿ ಅಥವಾ ಚೈತನ್ಯದ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಯಾವಾಗಲೂ ನಿರಂತರ (continuous)ವೆಂಬ ಪ್ರಾಚೀನ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ನಂಬಿಕೆಯ ಅಡಿಪಾಯವೇ ಪ್ಲಾಂಕ್‌ರವರ ಹೊಸ ಕಲ್ಪನೆಯಿಂದ ಕುಸಿದುಬಿದ್ದಿತು.

ಇದೇ ಕಪ್ಪುಕಾಯದ ಪ್ರಜ್ವಲನದ ಅಲೆಗಳ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ತಮ್ಮದೇ ಆದ ವಿಶಿಷ್ಟ ಭಿನ್ನರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿಶ್ಲೇಷಿದರು. ಅದರ ಪ್ರಕಾರ ಕೋಶದಲ್ಲಿ ಆವೃತ್ತವಾದ ಪ್ರಭೆ ಒಂದು ಆದರ್ಶ ಅನಿಲವೆಂದು.

ನಂತರ, ಈ ಆದರ್ಶ ಅನಿಲದ ಜಡೋಷ್ಣ (entropy)ವನ್ನು ವೀನನ ನಿಯಮಗಳೊಡನೆ (wien's laws) ಹೋಲಿಸಿ, ಸಮಂಜಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದರು. ಈ ಪ್ರಯತ್ನದಿಂದಾಗಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಪ್ರಜ್ವಲನದ ಅನಿಲದ ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ಅವುಗಳ ಸ್ಪಂದನ ೧ಕ್ಕೆ ತಕ್ಕಂತೆ ಇರಬೇಕೆಂದೂ ಅವುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಬಂಧವು $E=\hbar\omega$ ಪ್ರಕಾರದಲ್ಲಿರಬೇಕೆಂದೂ ವಾದಿಸಿದರು.

ಈ ಕಣಗಳಿಗೆ 'ಫೋಟಾನ್' ಎಂದು ನಾಮಕರಣವಾಯಿತು. ಈ ಫೋಟಾನು ಗಳು ಮಾನವನ ಜಡವಸ್ತು ರಚನಾಕಟ್ಟಿನ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಕಲ್ಪನೆಯೆಂದು ನಾವು ನಿಸ್ಸಂಕೋಚವಾಗಿ ಹೇಳಬಹುದು. ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲನೆಯ ಬಾರಿಗೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದೊಡನೆ ಒಂದು ಕಣ (photon)ದ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಗುರುತಿಸಲಾಯಿತು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಈ ಪ್ರೌಢ ಸಂಶೋಧನೆಯಿಂದ ಭೌತಕ್ಷೇತ್ರಗಳ (physical fields) ಶಕಲೀಕರಣದ (quantisation) ಪ್ರಥಮ ಬೀಜಾಂಕುರವಾಯಿತು. ಶಕಲವೆಂದರೆ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ನಿಯತ ಪ್ರಮಾಣ—ಸಾಮಾನ್ಯ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ 1 ಸೇರು ಅಕ್ಕಿ ½ ಪಾವು ಬೇಳೆ ಎಂಬಂತೆ.

ಇಂದಿನ ಮೂಲಕಣ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಕೃತಿಯ ಮೂಲಭೂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ (fandamental fields) ಅನ್ವೇಷಣೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಹಕಣಗಳು ಅಥವಾ ಶಕಲಗಳೇ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ರಚನೆಯ ಮೂಲಸಾಮಗ್ರಿಯುಗಳೆಂದು ನಿರ್ಧರಿಸುವ ಧ್ಯೇಯವೇ, ಅತಿಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯತ್ನಗಳಲ್ಲೊಂದು.

ಭಾರತದಲ್ಲಿ ಸತ್ಯೇಂದ್ರನಾಥ ಬೋಸರೂ (ಜ. 1894) ಸಹ ಕಪ್ಪುಕಾಯಗಳ ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಮೇಲ್ಕಂಡ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಿಂದಲೇ ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿದ್ದರು. ಈ ಬೃಹತ್ಕಾರ್ಯ ದಲ್ಲಿ ಬೋಸರು ಇನ್ನೊಂದು ಮಹತ್ವಪೂರ್ಣ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಹೊರತಂದರು. ಬೋಸರ ಕಾರ್ಯ ನಮ್ಮ ಇಂದಿನ ಮೂಲಕಣಗಳ ವರ್ತನೆಯ ವಿವರಣೆಯ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಬೀರಿದೆ.

ಬೋಸರ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದು ಶಕಲಸ್ಥಿತಿ (quantum state) ಯಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟುಬೇಕಾದರೂ ಫೋಟಾನುಗಳನ್ನು ತುಂಬಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ ವ್ಯತಿರಿಕ್ತವಾಗಿ ಪೌಲಿಯವರ ಬಹಿಷ್ಕರಣ ಅಥವಾ ಹೊರಗಿಡುವ (exclusion principle) ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದೊಂದು ಶಕಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಜಾಸ್ತಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಇಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಈ ತರಹದ ಎಣಿಕೆಯ ಕ್ರಮಗಳಿಗೆ "ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯಾ ಸಂಗ್ರಹಣ" (particle statistics)ವೆಂದು ಹೆಸರು. ಮೊದಲನೆಯ ರೀತಿಯ ಎಣಿಕೆಗೆ ಬೋಸ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸಂಖ್ಯಾಸಂಗ್ರಹಣವೆಂದೂ, ಎರಡನೆಯ ಕ್ರಮಕ್ಕೆ ಫರ್ಮಿ-ದಿರಾಕ್ (ಫರ್ಮಿ ಮತ್ತು ದಿರಾಕರೂ ಸಹ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರಾಗಿದ್ದರು) ಸಂಖ್ಯಾ ಸಂಗ್ರಹಣವೆಂದೂ ಹೆಸರು. ಇದೇ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ಮೊದಲನೆಯ ಸಂಗ್ರಹಕ್ಕೆ ಬೋಸ್ ಅಣುಗಳೆಂದೂ, ಎರಡನೆಯ ಸಂಗ್ರಹಕ್ಕೆ ಫರ್ಮಿ ಅಣುಗಳೆಂದೂ ನಾಮಧೇಯವಾಗಿದೆ.

ಬೋಸ್ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಪೂರ್ಣಭ್ರಮಣಾಂಕ (ಅಥವಾ ಶೂನ್ಯ ಭ್ರಮಣಾಂಕ) ಇರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣ ಎಂದರೆ ಬುಗುರಿಯಂತೆ ಸುತ್ತುವಿಕೆಯೆಂದು ಅರ್ಥ

ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು (Spinangular momeutum) ಭ್ರಮಣವನ್ನು $\hbar = h/_{2\pi}$ (h ಪ್ಲಾಂಕನ ನಿಯತಾಂಕ) ಏಕಮಾನದಲ್ಲಿ ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿ ಫರ್ಮಿ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಯಾವಾಗಲೂ ಅರ್ಧ ಪೂರ್ಣ (half-integral) ಭ್ರಮಣಾಂಕ ವಿರುತ್ತದೆ. ಇದೊಂದು ಮಹತ್ತ್ವ ಪೂರ್ಣ ಸಂಬಂಧವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂಬಂಧಕ್ಕೆ ಮೂಲಕಣ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ "ಭ್ರಮಣಾಂಕ–ಸಂಖ್ಯಾಸಂಗ್ರಹಣ ಸಂಬಂಧ" (Spin-statistics connection) ವೆಂದು ಹೆಸರಿಡಲಾಗಿದೆ. ಈ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಇಬ್ಬರು ವೈಜ್ಞಾನಿಕರು, ಪೌಲಿ ಮತ್ತು ಶ್ವಿಂಗರ್, ತತ್ತ್ವಯುಕ್ತವಾಗಿ ಸಮರ್ಥಿಸಿದರು.

ಈ ಭ್ರಮಣಾಂಕದ ತತ್ತ್ವದಲ್ಲಿ ನಾವು ಮೂಲಕಣ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೇಲೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾದ ಬೀರಿರುವ ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರಬಲವಾದ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.

ಅದೇನೆಂದರೆ, ಪರಮಾಣು ವಿಜ್ಞಾನದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಭ್ರಮಣಾಂಕವು $\hbar/2$ ಎಂದು ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಇದೇ ರೀತಿ ಸಿ. ವಿ. ರಾಮನ್‌ರವರ ಬೆಳಕಿನ ಚದುರುವಿಕೆ (Light scattering)ಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಫೋಟಾನುಗಳ ಭ್ರಮಣಾಂಕವನ್ನು $\hbar$ ಎಂದು ಗೊತ್ತುಮಾಡಿದ್ದವು.

ಆದರೆ ಈ ಘಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಈ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಗೋಚರಾನುಭವವಾದ ಸಂಗತಿಗಳಾಗಿದ್ದವೇ (Phenomenological facts) ವಿನಾ ಇವುಗಳಿಗೆ ಗಾಢವಾದ ಮತ್ತು ತರ್ಕಬದ್ಧವಾದ ಅಸ್ತಿತ್ವಇರಲಿಲ್ಲ.

ಇದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ದಿರಾಕರು ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಶಕಲ ಸಿದ್ಧಾಂತದೊಡನೆ ಸಮನ್ವಯ ಮಾಡಲು ಯತ್ನಿಸಿದಾಗ, ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಭ್ರಮಣಾಂಕವು ತನಗೆ ತಾನೇ ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷವಾಯಿತು. ಫೋಟಾನುಗಳ ಭ್ರಮಣಾಂಕವು ಸಹ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ಲನ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಶಕಲೀಕರಣದಿಂದ ಹೊರಬಿದ್ದಿತು. ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಪೇಕ್ಷಸಿದ್ಧಾಂತವು ಭ್ರಮಣಾಂಕದ ಭಾವನೆಯ ಬೆಂಬಲಕ್ಕೆ ಸ್ಥಿರವಾದ ಹಾಗೂ ತರ್ಕಪೂರ್ಣವಾದ ಅಡಿಪಾಯವನ್ನು ಒದಗಿಸಿತು.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಶಕಲ ಸಿದ್ಧಾಂತ ತತ್ತ್ವಗಳಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿಯೂ, ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದೊಡನೆ ಸಮಂಜಿಸಲೂ ದಿರಾಕರು ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯತ್ನಗಳ ಫಲವೇ ದಿರಾಕರ ಸಮೀಕರಣ (Dirac Equation). ಈಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ದಿರಾಕ್ ಅವರಿಗೇ ಬಹಳ ಅನಿರೀಕ್ಷಿತವಾದ ಸಂಗತಿಯೊಂದು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಅದೇನೆಂದರೆ ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಮೂಲಕಣಕ್ಕೂ ಮತ್ತೊಂದು ವಿರುದ್ಧಕಣ (antiparticle) ಇರುವ ಸಂಗತಿ. ಈ ವಿರುದ್ಧ ಕಣಗಳನ್ನು ನಾವು ಪ್ರತಿಕರಣಗಳೆಂದೂ ಕರೆಯಬಹುದು.

ಕಣ ಪ್ರತಿಕಣಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಅಥವಾ ಜಡಮಾನ ಶಕ್ತಿಯು (mass) ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ ಆದರೆ ಇವುಗಳ ವಿದ್ಯುದಂತ (charge) ಕಾಂತಭ್ರಮಣಾಂಕ

(magnetic moment) ಹಾಗೂ ಇನ್ನಿತರ ಗುಣಗಳು ವಿರೋಧವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದಾದರೇ, ಪಾಸಿಟ್ರಾನುಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಪ್ರತಿಕಣಗಳು. ಪಾಸಿಟ್ರಾನುಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಮತ್ತು ಭ್ರಮಣಾಂಕವು 9.8×10^{-28} *gms* ಮತ್ತು $\hbar/2$ ಇರಬೇಕೆಂದು ದಿರಾಕರ ಸಮೀಕರಣಗಳು ನಮಗೆ ಹೇಳುತ್ತವೆ. ಹಾಗೂ ಪಾಸಿಟ್ರಾನುಗಳ ವಿದ್ಯುದಂತವು $+4.8 \times 10^{-10}$ *e.s.u.* ಅಷ್ಟು ಇರಬೇಕು. ಆದರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ವಿದ್ಯುದಂಶ -4.8×10^{-10} *e.s.u.* ದಿರಾಕರು ಪಾಸಿಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ತರ್ಕಬದ್ಧವಾಗಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಿದ ಕೆಲವೇ ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಈ ಕಣಗಳನ್ನು ಆಂಡರ್ಸನ್ನರು ತಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷವಾಗಿ ಕಂಡು ಹಿಡಿದರು.

ದಿರಾಕರ ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಪಾಸಿಟ್ರಾನುಗಳ ಸಮೀಪಕ್ಕೆ ಬಂದರೆ ಎರಡು ಕಣಗಳೂ ನಿಶ್ಶೇಷವಾಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಸಂಪೂರ್ಣ ಶಕ್ತಿ ಅಥವಾ ಚೈತನ್ಯ (energy)ವು ಫೋಟಾನುಗಳ ಸ್ವರೂಪದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುಕ್ಕಾಂತೀಯ ಚೈತನ್ಯವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಾಡು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಈ ನಿಶ್ಶೇಷ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ (annihilation action) ಕಣಗಳೂ ಪೂರ್ತಿ ನಾಶವಾದರೂ ಸಹ ಅವುಗಳ ಚೈತನ್ಯ ವಾಗಲೀ ಅಥವಾ ಅವುಗಳ ಅವೇಗವಾಗಲೀ ನಾಶವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗೆ ಮುಂಚೆ ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿದ್ದರಿಂದ ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಸಹ ಈ ಪ್ರತಿ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರಭೆಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಫೋಟಾನು ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಸಾಕಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯಿದ್ದರೆ (ಕನಿಷ್ಠವಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಅಥವಾ ಪಾಸಿಟ್ರಾನಿನ ಜಡಮಾನ ಶಕ್ತಿಯ ಎರಡರಷ್ಟಾದರೂ ಶಕ್ತಿ ವಿದ್ಯುಕ್ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರಭೆಯಲ್ಲಿರಬೇಕು) ಅದು ಕೂಡ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಪಾಸಿಟ್ರಾನ್ ಜೋಡಿಯಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗೆ ಜೋಡಿಸೃಷ್ಟಿ (Pair creation) ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಜೋಡಿ ನಾಶವಾಗಲೀ ಅಥವಾ ಜೋಡಿ ಸೃಷ್ಟಿಯಾಗಲೀ ನ್ಯೂಟನ್ನಿನ ನಿಯಮಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಅಸಾಧ್ಯ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ನ್ಯೂಟನ್ನಿನ ನಿಯಮಗಳ ಪ್ರಕಾರ ವಸ್ತುಗಳ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ (mass)ವು ಯಾವಾಗಲೂ ಒಂದೇಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಜಡಮಾನಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಚಲನಶಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ $E=mc^2$ ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ ಜಡಮಾನಶಕ್ತಿಯು ಚಲನಶಕ್ತಿಯಾಗಿಯೂ, ಚಲನಶಕ್ತಿಯು ಜಡಮಾನಶಕ್ತಿಯಾಗಿಯೂ ಮಾರ್ಪಾಟು ಹೊಂದಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುತ್ತದೆ. ನ್ಯೂಟನ್ನಿನ ನಿಯಮಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಆವೇಗ (momentum) ದೊಡನೆ ಚಲನಶಕ್ತಿಯೂ ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲೂ ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ (couserved). ಇದರರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ಒಂದು ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗೆ ಮುಂಚೆ ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುಗಳ ಒಟ್ಟು ಚಲನಶಕ್ತಿ ಎಷ್ಟು ಇರುತ್ತದೋ, ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಯ ನಂತರವೂ ಅಷ್ಟೇ ಇರುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ $E=mc^2$ ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯೇ ಆಗಲಿ ಜಡಮಾನ ಶಕ್ತಿಯೇ ಆಗಲಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಇವೆರಡು ಶಕ್ತಿಗಳ ಮೊತ್ತವು ಯಾವಾಗಲೂ ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಮುಂಚೆ ಹೇಳಿದ ಜೋಡಿ ಸೃಷ್ಟಿ ಅಥವಾ ಜೋಡಿ ನಾಶವನ್ನು ಉದಾಹರಣೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಮತ್ತು ಪಾಸಿಟ್ರಾನುಗಳ ಒಟ್ಟು ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು $2m_e$ ಅಥವಾ $2\times9.8\times10^{-27}\,gms$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಪ್ರಕಾರ ಈ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ತೋರಿ ಬರುವ ಫೋಟಾನುಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ಕನಿಷ್ಠ $2m_ec^2$ ಅಷ್ಟಾದರೂ ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಜಡ ವಸ್ತುಗಳ ಈ ಶತಮಾನದ ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲಿನ ಮಾದರಿಯ (model) ಪ್ರಕಾರ ಪ್ರಪಂಚದ ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳು ಪ್ರೋಟಾನ್ (ಇದನ್ನು ಫೋಟಾನಿನೊಡನೆ ಭ್ರಾಂತಿಗೊಡಿಸಬಾರದು), ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಂದ ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಮಾದರಿಯ ಪ್ರಕಾರ ಫೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಿ ಪ್ರಕೃತಿಯ ಮೂಲಕಣಗಳು ನಾಲ್ಕು ವಿಧವಾಗಿರುತ್ತವೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ನಾವು ಹಿಂದೆ ಹೇಳಿದ್ದ ಪ್ರಕಾರ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ಜಡಮಾನ ಶಕ್ತಿಯು ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿರುತ್ತೆಂದು ನಂಬಿದ್ದರಿಂದ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿರಬೇಕೆಂದು ನಂಬಲಾಗಿತ್ತು. ಈ ನಂಬಿಕೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಮೂಲ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಅವುಗಳ ವಿಧಗಳೂ ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿರಬೇಕಾಗಿತ್ತು. ಆದರೆ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಅನೇಕ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಜಟಿಲಗೊಳಿಸಿದೆ.

ದಿರಾಕರ ವಿಚಾರ ಸರಣಿಯ ಪ್ರಕಾರ ಮೇಲ್ಕಂಡ ನಾಲ್ಕು ವಿಧವಾದ ಮೂಲ ಕಣಗಳಲ್ಲದೆ ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಇವುಗಳ ಪ್ರತಿ ಕಣಗಳೂ ಸಹ ಇರಬೇಕು. ಇವುಗಳನ್ನು ಆಂಟಿಪ್ರೋಟಾನ್, ಮತ್ತು ಪಾಸಿಟ್ರಾನುಗಳೆಂದು ಕರೆಯೋಣ.

ಫೋಟಾನುಗಳಿಗೂ ಪ್ರತಿಕಣಗಳಿರುತ್ತವೆಯೇ? ಇದರ ಉತ್ತರ ನಿಶೇಧಾರ್ಥಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಮುಂಚೆ ಹೇಳಿದಂತೆ ದಿರಾಕರ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಭ್ರಮಣಾಂಕವು $\hbar/2$ ಎಂದು ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಆದರೆ ಅರ್ಧ ಪೂರ್ಣ ಭ್ರಮಣಾಂಕವಿರುವ ಕಣಗಳೆಲ್ಲವೂ ಫರ್ಮಿ ಅಣುಗಳ ಪಂಗಡಕ್ಕೆ ಸೇರಿರಬೇಕು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಫರ್ಮಿ ಅಣುವಿಗೆ ಒಂದು ಅಂಕವನ್ನು ಕೊಡಬಹುದು. ಈ ಅಂಕಕ್ಕೆ ಫರ್ಮಿ ಅಂಕ (Fermion number) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ ಪ್ರೋಟಾನ್, ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಇವೆಲ್ಲರ ಫರ್ಮಿ ಅಂಕ $+1$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಜಡಮಾನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಪ್ರತಿ ಕಣಗಳ ಎಲ್ಲಾ ಗುಣಗಳೂ ಅವುಗಳ ಕಣಗಳ ಗುಣದಿಂದ ವಿರೋಧವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಪ್ರತಿ ಕಣಗಳ ಫರ್ಮಿ ಅಂಕವು -1 ಆಗಿರಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಆಂಟಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶವೂ ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇವುಗಳ ಫರ್ಮಿ ಅಂಕವು ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಆಂಟಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳಿಂದ ಗುರಿತಿಸಬಹುದು.

ದಿರಾಕರ ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಫರ್ಮಿ ಅಂಕವು ಯಾವಾಗಲೂ ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದೇ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ಲರ ಸಮೀಕರಣದ ಶಕಲೀಕರಣವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ ಫೋಟಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಫೋಟಾನುಗಳಿಗೆ ಯಾವ ಅಂಕವನ್ನೂ ಕೊಡಬೇಕಾದ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ.

ಈಗ ಫೋಟಾನ್ನುಗಳನ್ನು ಗಮನಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಈ ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟರೆ ಮಿಕ್ಕೆಲ್ಲಾ ಗುಣಗಳು (ವಿದ್ಯುದಂಶ, ಕಾಂತಿ ಭ್ರಮಣಾಂಕ, ಇತ್ಯಾದಿ) ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಫೋಟಾನಿನ ಪ್ರತಿಕಣವನ್ನು ಫೋಟಾನಿನಿಂದ ಗುರುತಿಸುವುದು ಅಸಾಧ್ಯ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ತಮ್ಮ ಸ್ವತಃ ಪ್ರತಿ ಕಣಗಳೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು.

ಈ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಮೂಲಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ನಾಲ್ಕರಿಂದ ಏಳಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಮೇಲ್ಕಂಡ ಬದಲಾವಣೆಯೊಂದೇ ಸಾಕೆನ್ನದೆ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿರಬೇಕಾದ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವು ಜಡವಸ್ತುಗಳ ಮೂಲ ರಚನೆಯ ಬಗೆಗೆ ಇದ್ದ ನಮ್ಮ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಿಸಿದೆ. ಈ ಮಾರ್ಪಾಟನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಲೋಸುಗ ಎರಡು ಅತ್ಯಂತ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಫೋಟಾನುಗಳ ಘರ್ಷಣೆಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ: ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ಈ ಫೋಟಾನುಗಳಿಂದ ಹಲವಾರು ಜೋಡಿ ಸೃಷ್ಟಿಗಳು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ನಾವು ಕೆಳಕಂಡ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಮೂದಿಸಬಹುದು.

$$P + r + r \rightarrow \bar{p} + n + \bar{n} + e^- + e^+ + \ldots\ldots\ldots\ldots$$

ಈ ಚಿಹ್ನೆಗಳ ಅರ್ಥವನ್ನು ನಾವು ಮುಂದೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಮೂಲಕಣಗಳ ಪಟ್ಟಿಯ ಮೂಲಕ ಪಡೆಯಬಹುದು.

ಪ್ರಾಚೀನ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಉತ್ಪಾದಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳ (Production reaction) ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ನಾವು ಫೋಟಾನುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು, ಆಂಟಿ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು, ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು, ಆಂಟಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಮತ್ತು ಪಾಸಿಟ್ರಾನುಗಳು ಅಡಗಿಕೊಂಡಿವೆಯೆಂದು ತರ್ಕಿಸಬಹುದಾಗಿತ್ತು. ಆದರೆ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಅಂತಹವು ತರ್ಕವು ಅಸಮಂಜಸವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ಈ ಕೆಳಕಂಡ ರೀತಿಯ ಉತ್ಪಾದಿತ ಕ್ರಿಯೆಗಳೂ ಸಹ ಸಾಧ್ಯವಿರುತ್ತವೆ :

$$p + p \rightarrow p + \bar{p} + p + \bar{p} + p + p + n + \bar{n} + \ldots$$
$$p + \bar{n} \rightarrow \bar{p} + p + p + n + n + n + e^{-} + e^{+} + \ldots$$
$$e^{-} + {}^{+} \rightarrow p + p + n + n + r + r + \ldots$$

ಆದ್ದರಿಂದ ಯಾವ ಕಣಗಳು ಮಿಕ್ಕಾವ ಕಣಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಗಿವೆಯೆಂದು ಸಮಂಜಸವಾಗಿ ಹೇಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ನಮ್ಮ ಮುಂಚೆ ಇದ್ದ ಮೂಲಕಣಗಳ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಅಲ್ಲೋಲಕಲ್ಲೋಲಗೊಳಿಸಿದೆ. ಸಾಪೇಕ್ಷಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ಮೂಲರಚನೆಯ ಅರ್ಥವನ್ನೇ ಪುನಃ ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಯಾವುದು ಪೂರ್ಣ ಮತ್ತು ಯಾವುದು ಅಂಶವೆಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಉತ್ತರ ಈ ಹೊಸ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಅಷ್ಟು ಸುಲಭವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಹೇಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದೊಡನೆ ಫೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಅಷ್ಟು ಸಂಬಂಧಿಸಿದರೋ, ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ಗೋಚರವಾಗಿರುವ ವಿವಿಧವಾದ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳೊಡನೆ ಕೂಡ ಅವುಗಳ ಶಕಲಗಳನ್ನು ಸಂಬಂಧಿಸಬಹುದು. ಈ ರೀತಿ ಮೂಲಕಣಗಳ ಪಟ್ಟಿಗೆ ನಾವು ಹೆಚ್ಚು ಕಣಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಪರಮಾಣುಗಳ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಪ್ರೋಟಾನು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಅತಿ ಚಿಕ್ಕ ಜಾಗದಲ್ಲಿ (10^{-13} cms) ಬಂಧಿತವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಬಂಧನಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನಾವು ಒಂದು ಕ್ಷೇತ್ರದೊಡನೆ ಸಂಬಂಧಿಸಬಹುದು. ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಶಕಲಗಳಿಗೆ ಪೈ ಮೇಸಾನುಗಳೆಂದು ಹೆಸರು.

ಮೇಲ್ಕಂಡ ಉತ್ಪಾದಿತಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿ ಹೆಚ್ಚಿದಷ್ಟೂ ಭಿನ್ನ ಭಿನ್ನ ರೀತಿಯ ಕಣಗಳು ಉತ್ಪಾದನೆಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಮೂಲಕಣಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗಿದೆ. ಈ ಕಣಗಳನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಕಾಣುವುದು ಬಹಳ ಕಠಿಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಈ ಕಣಗಳ ಆಯಸ್ಸು ಕೇವಲ 10^{-10} ಸೆ. —10^{-23} ಸೆ. ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿ ಹೆಚ್ಚಿದಷ್ಟೂ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಕಾಲ ಹಿಗ್ಗುವಿಕೆಯ ಕಾರಣದಿಂದ ಅವುಗಳ ಆಯಸ್ಸೂ ಸಹ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ.

ಯಾವುದೇ ಕಣವಾಗಲೀ ಅಥವಾ ಕಣಸಂಗ್ರಹವಾಗಲೀ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯಿದ್ದರೆ ಮಿಕ್ಕೆಲ್ಲಾ ಕಣಗಳನ್ನು ಈ ಕಣಗಳ ಘರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಸೃಷ್ಟಿಸಬಹುದು.

ಮುಂದಿನ ಪುಟದಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ಈಗ ಗೊತ್ತಿರುವ ಕಣಗಳ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟಿದೆ.

Group	Particle	Mass (MeV)	Spin	Isospin	Strange-ness	Charm
	Photon (*r*)	0	1	1,0	0	0
	Graviton (*g*)	0	2	?	?	?
Leptons	Neutrino ν_e (electron)	0	$\frac{1}{2}$	0	0	0
	electron e^-	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	0
	Neutrino–$\nu\mu$	0	$\frac{1}{2}$	0	0	0
	Muon μ^-	105	$\frac{1}{2}$	0	0	0
	τ–neutrino	0?	$\frac{1}{2}$	0	0	0
	Eau	1807	$\frac{1}{2}$	0	0	0
Baryons	Proton *p*	938	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0
	neutron *n*	939	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0
	Lambda λ°	1115	$\frac{1}{2}$	0	–1	0
	Sigma $\Sigma\pm$, Σ°	1190	$\frac{1}{2}$	1	–1	0
	cascade$\equiv^\circ -$	1316	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	–2	0
	Omega Ω	1	$\frac{2}{3}$	0	–3	0
Pseudoscalor Mesons	Pion $\pi\pm$, π°	140	0	1	0	0
	Kaon κ^+, κ°	493	0	$\frac{1}{2}$	1	0
	eta η	548	0	0	0	0
	D^+, D°	1868	0	$\frac{1}{2}$?	0	1
	F^+	2030	0	0	1	1
	$D\nu^+$, $D\nu^+$	2000	0	$\frac{1}{2}$	0	1
	$F\nu^+$	2140	0	0	1	1
Vector Mesons	ρ°, $\rho\pm$	750	1	1	0	0
	ω	780	1	0	0	0
	ϕ	1020	1	0	0	0
	Ψ	3000	1	0	0	0

ಮೇಲ್ಕಂಡ ಉತ್ಪಾದಿತಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಕಣಗಳು ತಮ್ಮ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಂಡು ಬರದೇಹೋದರೂ ಈ ಕ್ರಿಯೆಗಳು .ಗೊತ್ತುಗುರಿಯಿಲ್ಲದೆ ನಡೆಯುವುದಿಲ್ಲ. ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಉದಾಹರಣೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಈ ಅಂಶವು ಕ್ರಿಯೆಯ ಮುಂಚೆಯೂ ಮತ್ತು ನಂತರವೂ ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಈ ಕಾರಣಕ್ಕೆ "ಸ್ಥಾಯೀ ಅಂಕ" (conserved quantity) ಎಂದು ಕರೆಯುವರು. ವಿದ್ಯುದಂಶವಲ್ಲದೆ ಅನೇಕ ತರಹದ ಸ್ಥಾಯಿಶಕಲಾಂಕ (conserved quantum numbers) ಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗಿದೆ. ಇಂತಹ ಅಂಕಗಳ ಪಟ್ಟಿಗೆ ಐಸೋಟೋಪಿಕ್‌ಸ್ಪಿನ್, ಬೇರ್ಯಾನಂಕ, ಲೆಪ್ಟಾನಂಕ, ಫರ್ಮಿಅಂಕ, ವೈಚಿತ್ರ್ಯ (strangeness) ಮುಂತಾದುವುಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸಬೇಕು. ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಕಂಡು ಹಿಡಿದ 'ಲಾವಣ್ಯ' (charm) ಸಹ ಈ ಪಟ್ಟಿಗೆ ಸೇರಿರುವುದು.

ಈ ವಿಧವಿಧವಾದ ಅಂಕಗಳ ಮಹತ್ವವನ್ನು ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ನಾವು ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಇದುವರೆಗೆ ನಮಗೆ ಗೋಚರವಾಗಿರುವ ಕ್ರಿಯಾಬಲ (forces of nature) ಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆ ಮಾಡೋಣ. ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಪ್ರಪ್ರಥಮವಾಗಿ ಗಮನಿಸಲಾದದ್ದು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲ (gravitational force). ಈ ಬಲವನ್ನು ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ವಿವರಿಸದವರು ನ್ಯೂಟನ್. ಆದರೆ ನ್ಯೂಟನ್ನಿನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ನಿಯಮಗಳು ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದೊಡನೆ ಸಮಂಜಸವಾಗಿಲ್ಲದೆ ಇರುವ ಕಾರಣದಿಂದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ತಮ್ಮ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತ (general relativity) ವನ್ನು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಸಮಂಜಸವಾದ ವಿವರಣೆಯೆಂದು ಸ್ಥಾಪಿಸಿದರು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ವಿಶ್ವದ ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುಗಳೂ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಬಲದ ವ್ಯಾಪನೆ ಅನಂತವಾಗಿರುತ್ತದೆ (infinite range). ಪ್ರಕೃತಿಯ ಮಿಕ್ಕ ಬಲಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣವು ಅತ್ಯಂತ ಮಂದವಾದ ಕ್ರಿಯಾಬಲವೆಂದು ಗೋಚರವಾಗುತ್ತದೆ.

ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದ ನಂತರ ಗೋಚರವಾದ ಬಲಗಳೇ ವಿದ್ಯುಕ್ಕಾಂತೀಯ ಬಲಗಳು. ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ಲರು ವಿದ್ಯುದಾಕರ್ಷಣೆ ಮತ್ತು ಕಾಂತಾಕರ್ಷಣೆ (electric and magnetic forces) ಗಳಿಗೆ ಕಾರಣವಾದ ಬಲಗಳನ್ನು ಐಕ್ಯಗೊಳಿಸಿ ಈಗ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾಗಿರುವ ವಿದ್ಯುಕ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಅಸ್ತಿತ್ವಗೊಳಿಸಿದರು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣದಂತೆ ವಿದ್ಯುಕ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ರಿಯಾಬಲಗಳೂ ಸಹ ಅನಂತವ್ಯಾಪ್ತಿಯುಳ್ಳವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಕೇವಲ ವಿದ್ಯುದಂಶ, ಕಾಂತಿಭ್ರಮಣಾಂಕ ಇತ್ಯಾದಿ ಗುಣಗಳಿರುವ ವಸ್ತುಗಳು ಮಾತ್ರ ಈ ಕ್ರಿಯಾಬಲದ ಪರಿಣಾಮಕ್ಕೆ ಗುರಿಯಾಗಬಲ್ಲವು. ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲವು ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಯಾವಾಗಲೂ ಆಕರ್ಷಣೆಗೆ ಒಳಪಡಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ವಿದ್ಯುಕ್ಕಾಂತೀಯ ಬಲವು ಆಕರ್ಷಿಸಬಲ್ಲದು ಮತ್ತು

ವಿಕರ್ಷಿಸಬಲ್ಲದು (repulsion). ಅಪಾರ ಗಾತ್ರವಿರುವ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುದದರಿಂದ ಈ ವಸ್ತುಗಳ ಮಧ್ಯೆ ವಿದ್ಯುದ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ರಿಯೆಯು ಅಷ್ಟು ಪ್ರಬಲವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳ ವಿದ್ಯುದಂಶವು $+e$ ಇರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ವಿದ್ಯುದಂಶವು $-e$ ಇರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಆಕರ್ಷಣೆಯೇ ಪರಮಾಣುಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವಕ್ಕೆ ಕಾರಣ. ಆದರೆ ಪರಮಾಣುಗಳ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಅತಿಚಿಕ್ಕ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಪ್ರೋಟಾನು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಬಂಧಿಸ ಲಾಗಿರುವುದು. ಈ ಬಂಧನಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾದ ಕ್ರಿಯಾಬಲಗಳು ಯಾವವು? ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ತೃಪ್ತಿಕರವಾದ ಉತ್ತರ ಮಾನವನಿಗೆ ಇನ್ನೂ ಸಿಕ್ಕಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಈ ಕ್ರಿಯಾ ಬಲಗಳ ಹಲವಾರ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯಗಳು ಈಗಾಗಲೇ ಗೊತ್ತಾಗಿವೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು 'ತೀವ್ರ ಮೂಲಾಣುಕ್ರಿಯೆ' (Strong interactions) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯುವರು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಗಳು ಈ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯು ತ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಗೆ ವ್ಯತಿರಿಕ್ತವಾಗಿ ಈ ತೀವ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳು ಅನಂತವ್ಯಾಪಿ ಗಳಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ವ್ಯಾಪನೆ ಸುಮಾರು 10^{-13} ಸೆಂ. ಮೀ. ಅಷ್ಟೇ ಇರುವುದು. ಈ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವ ಕಣಗಳಿಗೆ 'ಹೇಡ್ರಾನು'ಗಳೆಂದು ಹೆಸರು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ನ್ಯೂಟ್ರಾನು, ಪ್ರೋಟಾನು ಮತ್ತು ಪೈ–ಮೇಸಾನುಗಳು ಹೇಡ್ರಾನುಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಹೇಡ್ರಾನುಗಳ ಪೈಕಿ ಅರ್ಧ ಭ್ರಮಣಾಂಕವಿರುವ ಕಣಗಳಿಗೆ ಬೇರ್ಯಾನುಗಳೆಂದು ಹೆಸರು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬೇರ್ಯಾನಿಗೂ ಒಂದು ಅಂಕವನ್ನು ಕೊಡಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಬೆಲೆಯು ಬೇರ್ಯಾನುಗಳಿಗೆ $+1$, ಅವುಗಳ ಪ್ರತಿಕಣಗಳಿಗೆ -1 ಮತ್ತು ಮಿಕ್ಕೆಲ್ಲಾ ಕಣಗಳಿಗೆ o ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ತೀವ್ರಕ್ರಿಯೆ ಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರ್ಯಾನಂಕವು ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಅಂಕವಲ್ಲದೆ ತೀವ್ರಕ್ರಿಯೆ ಗಳಲ್ಲಿ ವೈಚಿತ್ರ್ಯ, ಲಾವಣ್ಯ, ಐಸೋಟೋಪಿಕ್‌ಸ್ಪಿನ್ ಇವೆಲ್ಲವೂ ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿರು ತ್ತವೆ. ಹೇಡ್ರಾನುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಕಣಗಳಿಗೆ ವಿದ್ಯುದಂಶ, (ಉದಾ. ಪ್ರೋಟಾನು) ಕಾಂತಭ್ರಮಣಾಂಕ (ಉದಾ : ನ್ಯೂಟ್ರಾನು) ಇರುವುದರಿಂದ ಇವು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲೂ ಭಾಗವಹಿಸುತ್ತವೆ.

ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾ (radioactivity) ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಗೊತ್ತಾದಸಂಗತಿ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯು ಪರಮಾಣುಗಳ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯ ಪ್ರಭಾವದಲ್ಲಿ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳಿಗೆ ಮಾರ್ಪಾಡು ಹೊಂದುವ ಸಂಭವವಿರುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು 'ಕೃಶ ಮೂಲಾಣು ಕ್ರಿಯೆ' (Weak interactions) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ಈ ಕೃಶಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಸಹ ಬೇರ್ಯಾನಂಕವು ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಈ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಐಸೋಟೋಪಿಕ್‌ಸ್ಪಿನ್‌ನ ಬದಲಾವಣೆ ಸಾಧ್ಯವಿರುತ್ತದೆ (ಉದಾ :

ಪ್ರೋಟಾನು–ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಬದಲಾವಣೆ) ಹಾಗೂ ವೈಚಿತ್ರ್ಯ, ಲಾವಣ್ಯ ಇವೆಲ್ಲವೂ ಬದಲಾಯಿಸಬಹುದು. ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಮಾತ್ರ ಎಲ್ಲಾ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲೂ ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಮೂಲಕಣಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಪಂಗಡವಿದೆ. ಈ ಪಂಗಡವು ತೀವ್ರ ಮೂಲಾಣುಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಪಂಗಡಕ್ಕೆ 'ಲೆಪ್ಟಾನು'ಗಳೆಂದು ಹೆಸರು. ಎಲ್ಲಾ ಲೆಪ್ಟಾನುಗಳಿಗೂ ಅರ್ಧ ಭ್ರಮಣಾಂಕವಿರುತ್ತದೆ. ಬೇರ್ಯಾನಂಕದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲಾ ಲೆಪ್ಟಾನುಗಳಿಗೂ $+1$ ಲೆಪ್ಟಾನಂಕವನ್ನೂ, ಎಲ್ಲಾ ಲೆಪ್ಟಾನುಗಳ ಪ್ರತಿಕಣಗಳಿಗೆ -1 ಲೆಪ್ಟಾನಂಕವನ್ನೂ, ಮಿಕ್ಕೆಲ್ಲಾ ಮೂಲಕಣಗಳಿಗೆ 0 ಲೆಪ್ಟಾನಂಕವನ್ನೂ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ಲೆಪ್ಟಾನಂಕವೂ ಸಹ ಎಲ್ಲಾ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಗೂ ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ನಾಲ್ಕು ಕ್ರಿಯೆಗಳು, ಅಂದರೆ, ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ, ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ತೀವ್ರಮೂಲಾಣು ಮತ್ತು ಕೃಶಮೂಲಾಣುಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ನಾವು ನಮಗೆ ಸಧ್ಯಕ್ಕೆ ಗೋಚರವಾಗಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಹೇಡ್ರಾನುಗಳು ಇವೆಲ್ಲಾ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲೂ ಭಾಗವಹಿಸುತ್ತವೆ. ಲೆಪ್ಟಾನುಗಳನ್ನು ಪುನಃ ಎರಡು ಪಂಗಡಕ್ಕೆ ವಿಭಜಿಸಿದರೆ, ವಿದ್ಯುದಂಶವಿರುವ ಲೆಪ್ಟಾನುಗಳು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ, ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಹಾಗೂ ಕೃಶಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವವು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದಂಶವಿಲ್ಲದ ಲೆಪ್ಟಾನುಗಳು ಕೇವಲ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಮತ್ತು ಕೃಶಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಭಾಗಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ಲರು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ರಿಯೆ ಮತ್ತು ಕಾಂತಾಕರ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ಐಕ್ಯಗೊಳಿಸಿದಂತೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಐಕ್ಯಗೊಳಿಸಲು ಭಗೀರಥ ಪ್ರಯತ್ನಪಟ್ಟರು. ಆದರೆ ಅವರು ಈ ಮಹತ್ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಸಫಲರಾಗಲಿಲ್ಲ. ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಅಮೆರಿಕದ ವೈನ್‌ಬರ್ಗ್ ಮತ್ತು ಪಾಕೀಸ್ಥಾನದ ಅಬ್ದುಲ್ ಸಲಾಮ್‌ರವರು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಕೃಶಮೂಲಾಣು ಕ್ರಿಯೆಗಳೊಡನೆ ಐಕ್ಯಗೊಳಿಸಿದ್ದಾರೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಪ್ರಕೃತಿಯ ಎಲ್ಲಾ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನೂ ಐಕ್ಯಗೊಳಿಸಬೇಕೆಂಬುದೇ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಪರಮಧ್ಯೇಯಗಳಲ್ಲೊಂದಾಗಿದೆ.

ಮೂಲಕಣಗಳ ವರ್ಗೀಕರಣ (classification)ದ ಮುಖ್ಯ ಅಡಿಪಾಯವೇ ಭ್ರಮಣಾಂಕ ಮತ್ತು ಜಡಮಾನಶಕ್ತಿಗಳ ಕಲ್ಪನೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಸಾಪೇಕ್ಷಸಿದ್ಧಾಂತವು ಈ ವರ್ಗೀಕರಣಕ್ಕೆ ಮೂಲಭೂತ ಪ್ರೇರಣೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿಸಿದೆ.

ಮೂಲಕಣ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪೂರ್ಣಪಾತ್ರವನ್ನು 'ಅಸಂತತ ಸಮಸೂತ್ರ' (discrete symmetries)ಗಳ ಪರಾಮರ್ಶನೆ ಮಾಡದೆ ಗ್ರಹಿಸುವುದು ಅಸಮಂಜಸವೇ ಸರಿ.

ಅಸಂತತ ಸಮಸೂತ್ರತೆಗಳ ಸ್ವಾರಸ್ಯವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ವರ್ಣಿಸಲು ಸಾಧ್ಯ

ವಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೂ ಸಹ ಈ ಭಾವನೆಗಳ ಮುಖ್ಯತೆಗೋಸ್ಕರ ಇವುಗಳ ಸ್ಥೂಲ ಪರಾಮರ್ಶನೆಯನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಈಗ ಮಾಡಲಾಗುವುವು.

ಈ ಸಮಸೂತ್ರತೆಗಳು ಮೂರು ವಿಧವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಮೊದಲನೆಯದಕ್ಕೆ 'ಕಾಲ ಪ್ರತಿಬಿಂಬನ' (time reversal) ಎಂದೂ, ಎರಡನೆಯದಕ್ಕೆ 'ಎಡ–ಬಲಸಮತ್ವ' (parity) ಎಂದೂ ಮತ್ತು ಮೂರನೆಯದಕ್ಕೆ 'ಕಣ–ಪ್ರತಿಕಣ ಅದಲುಬದಲಾವಣೆ' (charge conjugation) ಎಂದೂ ಹೆಸರಿಡಲಾಗಿದೆ.

ಕಾಲ ಪ್ರತಿಬಿಂಬನ (T)

ನ್ಯೂಟನ್ನರ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರನಿಯಮಗಳಾಗಲೀ. ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ಲರ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಸಮೀಕರಣಗಳಾಗಲೀ ಕಾಲ ಪ್ರತಿಬಿಂಬನದ ಪ್ರಭಾವದಲ್ಲಿ ಅಚರವಾಗಿರುತ್ತವೆ (invariant), ಈ ಆಚರಣೆಯ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲೂ ಕಾಲ't'ಯ ಪ್ರತಿಬಿಂಬ ಕಾಲ'$-t$'ಯ ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ, ಹಾಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಿದ ಸಮೀಕರಣಗಳೂ ಸಹ ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಯಮಗಳಾಗಿರುತ್ತದೆ. ನಮ್ಮ ಗೋಚರಾನುಭವಗಳ ಒಂದು ಚಲನಚಿತ್ರವನ್ನು ಮಾಡಿ ಅದನ್ನು ಹಿಂದುಮುಂದಾಗಿ ಓಡಿಸಿದರೆ, ಈ ಹೊಸ ಚಲನಚಿತ್ರವು ನಮ್ಮ ದೈನಂದಿನ ಭಾವನೆಗಳ ಪ್ರಕಾರ ವಿಚಿತ್ರವಾಗಿ ಕಂಡರೂ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಎಲ್ಲ ನಿಯಮಗಳೊಂದಿಗೂ ಸಮಂಜಸವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಆಚರಣೆಯನ್ನು 'ಕಾಲ ಪ್ರತಿಬಿಂಬನಾಚರಣೆ' (time reversal invariance) ಎಂದು ಕರೆಯೋಣ.

'ಎಡ-ಬಲಸಮತ್ವ' (P)

ಕನ್ನಡಿಯಲ್ಲಿ ನಾವು ನಮ್ಮನ್ನೇ ನೋಡಿಕೊಂಡಾಗ ಎಡ–ಬಲಗಳು ಅದಲು ಬದಲಾಗುವುದು ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಗೊತ್ತಾದ ವಿಚಾರವೇ. ಪ್ರಕೃತಿಯ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ನಿಯಮವನ್ನು ಉದಾಹರಣೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಈ ನಿಯಮದ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷವಾಗಿ ಸಮೀಕ್ಷಿಸುವ ಬದಲು ಒಂದು ಕನ್ನಡಿಯ ಮೂಲಕ ನೋಡೋಣ. ಕನ್ನಡಿಯ ಮೂಲಕ ಕಾಣುವ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವೂ ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಯಮಾನುಸಾರವಾಗಿದ್ದರೆ ಈ ನಿಯಮಕ್ಕೆ 'ಎಡ–ಬಲ ಸಮತ್ವಾಚರಣೆ' (parity invariant) ನಿಯಮವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಸಂಜ್ಞಾಲಿಪಿಯಲ್ಲಿ ಬರೆಯುವುದಾದರೆ ಈ ಪರಿವರ್ತನೆಯನ್ನು $\vec{x} \xrightarrow{P} -\vec{x}$ ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದು. ಈ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ $\vec{x}$ ಕಣಗಳ ಸ್ಥಾನವನ್ನು (position) ನಿರ್ದೇಶಿಸುವುದು.

ಕಣ-ಪ್ರತಿಕಣ ಬದಲಾವಣೆ (C)

ನಾವು ಹಿಂದೆ ಚರ್ಚಿಸಿದ ಉತ್ಪಾದಿತ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಣವನ್ನು ಅದರ ಪ್ರತಿಕಣದಿಂದ ಬದಲಾಯಿಸಿದರೇನಾಗುವುದು? ಈ ಹೊಸ ಉತ್ಪಾದಿತ

ಕ್ರಿಯೆಯು ಸಹ ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿರುತ್ತದೆಯೇ? ಈ ಹೊಸ ಕ್ರಿಯೆಗಳೂ ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಯಮಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಮಂಜಸವಾಗಿದ್ದರೆ ಅಂಥ ನಿಯಮಗಳನ್ನು 'ಕಣ-ಪ್ರತಿಕಣ ಬದಲಾವಣಾಚರ'ವೆಂದು ಕರೆಯೋಣ.

ಈ ಮೂರು ಅಸಂತತ ಸಮಸೂತ್ರತೆಗಳ ಪರಿಚಯ ಮಾಡಿಕೊಟ್ಟಾದ ಮೇಲೆ ನಾವು ಈ ಕೆಳಕಂಡ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಕೇಳಬಹುದು, ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಾಲ್ಕು ಕ್ರಿಯೆಗಳು, ಅಂದರೆ, ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ, ಕೃಶ, ತೀವ್ರ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಮೇಲ್ಕಂಡ ಮೂರು ವಿಧಗಳ ಅಸಂತತ ಸಮಸೂತ್ರತೆಗಳ ಪ್ರಭಾವದಲ್ಲಿ ಅಚರ ವಾಗಿರುತ್ತವೆಯೇ?

ಜೀವವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಂತೂ ಎಡ-ಬಲ ಅಚರಣೆ ಇಲ್ಲವೆಂದೇ ಹೇಳಬಹುದು ಏಕೆಂದರೆ, ಕನ್ನಡಿಯಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಹೃದಯವು ಬಲಕ್ಕೆ ಇರುವುದಾಗಿ ಕಂಡುಬರುವುದು. ಆದರೆ ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಶೇಕಡಾ 99.9 ಮಂದಿ ಜನಗಳಿಗೆ ಹೃದಯವು ಎಡದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಇದಲ್ಲದೆ ಶಂಖ, ಚಿಪ್ಪು ಈತರಹ ಸುರುಳಿ ಇರುವ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರೆ ಅವುಗಳ ಸುತ್ತುವಿಕೆಯು ಯಾವಾಗಲೂ ಎಡದಿಂದ ಬಲಕ್ಕೆ ಇರುತ್ತದೆಯೇ ವಿನಾ ಬಲದಿಂದ ಎಡಕ್ಕೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ.

ಜೀವವಿಜ್ಞಾನದ ಈ ಎಡ-ಬಲ ಸಮತ್ವದ ಉಲ್ಲಂಘನೆಯ ಅರ್ಥವೇನು? ಇದು ಅತ್ಯಂತ ಜಟಿಲವಾದ ಸಮಸ್ಯೆಯೇ ಸರಿ. ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಸರಿಯಾಗಿ ಉತ್ತರಿಸಲು ಜೀವದ ಆರಂಭದ ಪ್ರಪ್ರಥಮ ಘಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಪೃಥ್ವಿಯಲ್ಲಿದ್ದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಸ್ಥಿತಿಯ ಜ್ಞಾನ ಅನಿವಾರ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಗೋಚರಾನುಭವದ ಪ್ರಕಾರ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಮತ್ತು ತೀವ್ರ ಮೂಲಾಣು ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಮೇಲ್ಕಂಡ ಮೂರು ಸಮಸೂತ್ರತೆಗಳಲ್ಲೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಅಚರವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಗೋಚರಾನುಭವದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಈ ಅಚರಣೆಯನ್ನು ಈ ರೀತಿ ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು: ಇವೆರಡು ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಆಧಾರದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಎಡವನ್ನು ಬಲದಿಂದ, ಕಣವನ್ನು ಪ್ರತಿಕಣದಿಂದ ಮತ್ತು ಕಾಲದ ಅಗ್ರಮುಖ ಹರಿಯುವಿಕೆಯನ್ನು (forward time flow) ಅದರ ವಿಮುಖ ಹರಿಯುವಿಕೆಯಿಂದ ಗುರುತು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು ಅಸಾಧ್ಯ.

ಈ ಅಚರಣೆಯನ್ನು ಅಮೆರಿಕದ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಫೈನ್‌ಮನ್‌ರವರು ಬಹಳ ಸ್ವಾರಸ್ಯಕಾರಿಯಾಗಿ ವಿವರಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಇದನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಲು ನಾವು ನಮ್ಮ ಗ್ರಹಕ್ಕಿಂತ ಬೇರೆ ಗ್ರಹ ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ತಾರೆಯಲ್ಲಿ ಬುದ್ಧಿವಂತರಾದ ಜೀವಿಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದೇವೆಂದು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳೋಣ. ಫೈನ್‌ಮನ್ನರ ಪ್ರಕಾರ ನಾವು ನಮ್ಮ ಬಗ್ಗೆ ಅಂದರೆ ನಮ್ಮ ಆಕಾರ, ರೂಪು ಇತ್ಯಾದಿ ವಿಚಾರಗಳನ್ನು ಬರಿ ರೇಡಿಯೋ ಪ್ರಸಾರದಿಂದ ತಿಳಿಸಬೇಕಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ ನಾವು ನಮ್ಮ ನೂತನ ಸ್ನೇಹಿತರಿಗೆ ನಮ್ಮ ಹೃದಯವು ನಮ್ಮ ಎಡಭಾಗದಲ್ಲಿದೆಯೆಂದು ಹೇಗೆ

ಹೇಳುವುದು. ನಮ್ಮ ನಮ್ಮಲ್ಲೇ ಆದರೆ ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಈ ರೀತಿ ತಿಳಿಸಬಹುದು. ಉತ್ತರಕ್ಕೆ ಮುಖ ಮಾಡಿದರೆ ಭೂಮಿಯೂ ಎಡದಿಂದ ಬಲಕ್ಕೆ ತಿರುಗುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಹೃದಯವು ಎಲ್ಲಿದೆಯೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತದ ಮೂಲಕವಾಗಿಯೂ ಎಡ-ಬಲವನ್ನು ತೋರಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ನಮ್ಮ ಸ್ನೇಹಿತರಿಗೆ ಈ ವಿಧವೂ ಸರಿಯಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತದ ಕ್ಷೇತ್ರದ ದಿಕ್ಕು ಕಬ್ಬಿಣದ ಸರಳಿನ ಮೇಲೆ ತಂತಿಯನ್ನು ಎಡದಿಂದ ಬಲಕ್ಕೆ ಸುತ್ತಿದೆಯೇ ಅಥವಾ ಬಲದಿಂದ ಎಡಕ್ಕೆ ಸುತ್ತಿದೆಯೇ ಅನ್ನುವುದರ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಮ್ಮ ಹೊರಗ್ರಹದ ಸ್ನೇಹಿತರಿಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತವನ್ನು ಸುತ್ತುವಿಕೆಯ ಕ್ರಮವನ್ನು ವಿವರಿಸುವಾಗ ಪುನಃ ಎಡ ಯಾವುದು ಮತ್ತು ಬಲ ಯಾವುದು ಎಂದು ಹೇಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ರಿಯೆಯ ಯಾವುದೇ ಪ್ರಕಟನೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೂ, ನಮ್ಮ ಸ್ನೇಹಿತರಿಗೆ ಎಡ ಮತ್ತು ಬಲವನ್ನು ಸಮಂಜಸವಾಗಿ ವಿವರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುವುದಿಲ್ಲ.

1956ರ ವರೆಗೆ ಪ್ರಕೃತಿಯ ಎಲ್ಲಾ ಕ್ರಿಯಾಬಲಗಳೂ ಮೇಲ್ಕಂಡ ಎಲ್ಲಾ ವಿಧದ ಅಸಂತತ ಸೂತ್ರತೆಗಳಲ್ಲಿ ಅಚರವೆಂದು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ನಂಬಿದ್ದರು. ಈ ನಂಬಿಕೆಗೆ ತರ್ಕಪೂರ್ಣ ಅಸ್ತಿತ್ವವು ಇಲ್ಲದೇ ಹೋದರೂ, ಪ್ರಕೃತಿಯು ಈ ಸಮ ಸೂತ್ರತೆಗಳನ್ನು ಉಲ್ಲಂಘಿಸುವ ಅವಶ್ಯಕತೆಯೇ ಇಲ್ಲ ಎಂಬ ನಿಷ್ಠೆಯೇ ಈ ನಂಬಿಕೆಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿತ್ತು.

ಆದರೆ 1956ರಲ್ಲಿ ಈ ನಂಬಿಕೆಗೆ ಒಂದು ಬಲವಾದ ಪೆಟ್ಟು ಬಿದ್ದಿತು. ಈ ವರ್ಷದಲ್ಲಿ ಅಮೆರಿಕದಲ್ಲಿ ವಾಸವಾಗಿದ್ದ ಚೀನೀ ವೈಜ್ಞಾನಿಗಳಾದ ಲೀ ಮತ್ತು ಯಾಂಗ್ ಅವರು ಗೋಚರಾನುಭವದ ಪ್ರಕಾರ ಪ್ರಕೃತಿಯು ಎಡ ಮತ್ತು ಬಲವನ್ನು ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿ ಕಾಣಬೇಕೆಂಬುದಕ್ಕೆ ಯಾವ ಆಧಾರವೂ ಇಲ್ಲವೆಂದೂ, ಈ ನಂಬಿಕೆಗೆ ಸರಿಯಾದ ಆಧಿಸಾಯಕೊಡಬೇಕಾದರೆ ಆ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಹೊಸಬಾದ ಕೆಲವು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಕೈಕೊಳ್ಳಬೇಕೆಂದೂ ತಿಳಿಸಿದರು.

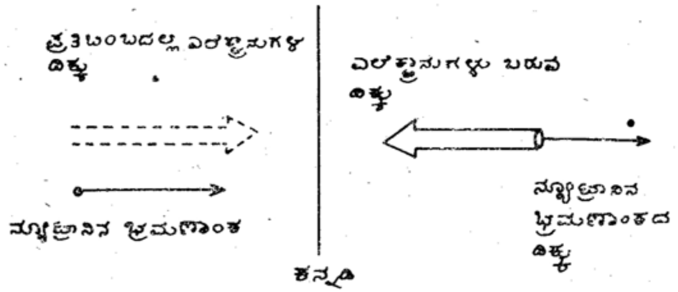
ಅದೇ ವರ್ಷದಲ್ಲಿ (1956) ಚೀನೀ ಮಹಿಳಾ ವಿಜ್ಞಾನಿ ವೂ (wu) ಅವರು ಲೀ ಮತ್ತು ಯಾಂಗ್ ಸೂಚಿಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಕೈಕೊಂಡರು. ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪರಿಣಾಮವು ಇಡೀ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಜಗತ್ತಿಗೆ ಆಶ್ಚರ್ಯಕಾರಿಯಾದುದು. ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಪರಮಾಣುಗಳ ಬೀಟ–ಕ್ಷಯ (β–decay)ದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕೃತಿಯು ಎಡ-ಬಲ ಸಮತ್ವವನ್ನು ನೂರಕ್ಕೆ ನೂರರಷ್ಟು ಉಲ್ಲಂಘಿಸುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿತು.

ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪರಿಣಾಮವು ಇಷ್ಟು ಆಶ್ಚರ್ಯ ಜನಕವೂ, ಕ್ರಾಂತಿ ಕಾರಿಯಾದರೂ ಸಹ, ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಅತಿ ಸರಳವಾಗಿದ್ದವು. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಲಾಗುವುದು.

ಬೀಟ–ಕ್ಷಯದಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು, ಪ್ರೋಟಾನು, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಿನೊ (ν) ಮಾರ್ಪಾಡು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಈ ರೀತಿ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು :

$$n \rightarrow p + e^{-} + \bar{\nu}$$

ವೂ ಅವರ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಭ್ರಮಣಾಂಕವು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿದ್ದವು (ಉದಾಹರಣೆಗೆ : ಉತ್ತರ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ). ಕನ್ನಡಿಯಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣಾಂಕದ ದಿಕ್ಕು ಬದಲಾಗುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ಸುಲಭವಾಗಿ ತರ್ಕಿಸಬಹುದು. ವೂ ಅವರ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದಿದ್ದೇನೆಂದರೆ, ಬೀಟ–ಕ್ಷಯದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಯಾವಾಗಲೂ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಭ್ರಮಣಾಂಕದ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ ಹೊರ ಬರುತ್ತವೆ. ಇದು ಎಡ–ಬಲ ಸಮತ್ವವನ್ನು ಉಲ್ಲಂಘಿಸುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಲು ನಾವು ಬೀಟ-ಕ್ಷಯ ಮತ್ತು ಅದರ ಕನ್ನಡಿಯ ಪ್ರತಿಬಿಂಬನವನ್ನು ಸಚಿತ್ರವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ.



ಕನ್ನಡಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಬಿಂಬನ ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆ

ಈ ಚಿತ್ರದಿಂದ ಕನ್ನಡಿಯ ಪ್ರತಿಬಿಂಬದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಭ್ರಮಣಾಂಕದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲೇ ಬರಬೇಕೆಂದು ಕಾಣಬಹುದು. ಆದರೆ ಇದು ಅಸಾಧ್ಯ : ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಯಾವಾಗಲೂ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಭ್ರಮಣಾಂಕಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ ಹೊರಬರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಬೀಟ–ಕ್ಷಯದಲ್ಲಿ ಎಡ–ಬಲ ಸಮತ್ವದ ಉಲ್ಲಂಘನೆ ಇದೆಯೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಈ ಉಲ್ಲಂಘನೆಯ ಸ್ವಾರಸ್ಯವೇನೆಂದರೆ, ಬೀಟ–ಕ್ಷಯಗಳ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನುಪ ಯೋಗಿಸಿ ನಮ್ಮ ಮಂಗಳಗ್ರಹದ (ಊಹಾ) ಸ್ನೇಹಿತರಿಗೆ ಎಡ ಎಲ್ಲಿದೆ ಎಂದು ತರ್ಕ ಬದ್ಧವಾಗಿ ಹೇಳಬಹುದು.

ಅದಕ್ಕೆ ನಾವು ನಮ್ಮ ಸ್ನೇಹಿತರಿಗೆ ಈ ರೀತಿಯ ರೇಡಿಯೋ ಪ್ರಸಾರ ಮಾಡಬೇಕು: ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣಾಂಕವಿರುವ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಹೊರಬರುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ತಲೆಯನ್ನಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಮಲಗಿಕೊ. ಈಗ ನ್ಯೂಟ್ರಾನಿನ ಭ್ರಮಣೆಯನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ ಅದು ಎಡದಿಂದ ಬಲಕ್ಕೆ ತಿರುಗುತ್ತಿರುತ್ತದೆ!

ಬೀಟ-ಕ್ಷಯದಲ್ಲಿ ಎಡ-ಬಲ ಸಮತ್ವದ ಉಲ್ಲಂಘನೆಯಷ್ಟೇ ಆಶ್ಚರ್ಯಜನಕ ಸಂಗತಿಯೊಂದು ಹೊರಬಿದ್ದಿತು. ಇದೇನೆಂದರೆ, ಈ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಕಣ-ಪ್ರತಿಕಣ ಅದಲುಬದಲಾಚರಣೆಯು ಸಹಃ ನೂರಕ್ಕೆ ನೂರರಷ್ಟು ಉಲ್ಲಂಘಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ ಯೆಂಬ ವಿಷಯ. ನಾವು ಮುಂಚೆ ಹೇಳಿದಂತೆ ಬೀಟ-ಕ್ಷಯದ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಣವನ್ನು ಅದರ ಪ್ರತಿಕಣದಿಂದ ಬದಲಾಯಿಸೋಣ. ಹೀಗೆ ಬದಲಾಯಿಸಿದ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಈ ರೀತಿ ಬರೆಯಬಹುದು:

$$\overline{n} \rightarrow \overline{p} + e^{-} + \nu$$

ಈ ಹೊಸ ಕ್ರಿಯೆಯು ವಿದ್ಯುದಂಶ, ಶಕ್ತಿ, ಆವೇಗ ಇವುಗಳೆಲ್ಲರ ಸಾಯಿತ್ವಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೂ ಸಹಃ ಈ ಕ್ರಿಯೆಯು C-ಆಚರಣವನ್ನು ಈ ಕೆಳಕಂಡ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಉಲ್ಲಂಘಿಸುತ್ತದೆ: ಬೀಟ-ಕ್ಷಯದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಯಾವಾಗಲೂ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಭ್ರಮಣಾಂಕದ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ ಬರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಬೀಟ-ಕ್ಷಯವು C-ಆಚರಣವಾಗಿದ್ದರೆ, ಪಾಸಿಟ್ರಾನುಗಳು ಆಂಟಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಭ್ರಮಣಾಂಕದ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ ಬರಬೇಕು. ಆದರೆ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಸಂಗತಿಯು ಇದಕ್ಕೆ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ವ್ಯತಿರಿಕ್ತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಪಾಸಿಟ್ರಾನುಗಳು ಯಾವಾಗಲೂ ಆಂಟಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಭ್ರಮಣಾಂಕದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲೇ ಬರುತ್ತವೆ. ನಾವು ಹಿಂದೆ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದ ಪ್ರಕಾರ ಆಂಟಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಬೀಟ-ಕ್ಷಯವು (β^{+}-*decay*) ಸಹಃ ಎಡ-ಬಲ ಸಮತ್ವ ಅಥವಾ P-ಆಚರಣೆಯನ್ನು ನೂರಕ್ಕೆ ನೂರರಷ್ಟು ಉಲ್ಲಂಘಿಸುತ್ತದೆ.

P-ಆಚರಣೆ ಮತ್ತು C-ಆಚರಣೆಗಳ ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನು ಕೊಟ್ಟಾದ ಮೇಲೆ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ T-ಆಚರಣೆಯ ಪ್ರಶ್ನೆಯು ಮನಸ್ಸಿಗೆ ಬರುತ್ತದೆ. ನಮ್ಮ ಮಾನವರ ಜೀವನವನ್ನೇ ಉದಾಹರಣೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ ಮನುಷ್ಯರು ಚಿಕ್ಕವಯಸ್ಸಿನಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ವಯಸ್ಕರಾಗಿ ಬೆಳೆಯುವವರೇ ವಿನಾ ಹೆಚ್ಚು ವಯಸ್ಸಿನಿಂದ ಚಿಕ್ಕವಯಸ್ಸಿನವರಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇಲ್ಲಿ ಕಾಲವು ಯಾವಾಗಲೂ ಒಂದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಹರಿಯುತ್ತದೆ. ನಮ್ಮ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡವನ್ನು (universe) ಉದಾಹರಣೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೂ ಸಹ ಕಾಲ ನಿದಿಷ್ಟ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವಂತೆ ಕಾಣಬರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ನಮ್ಮ ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ಮುಖ್ಯವಾದದ್ದು

ಮೂಲಾಣುಕಣಗಳ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ T–ಅಚರಣೆಯ ಪ್ರಶ್ನೆ. ಇದುವರೆಗೆ T–ಅಚರಣೆಯ ಉಲ್ಲಂಗನೆಯನ್ನು ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷವಾಗಿ ಯಾವ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲೂ ನೋಡಲಾಗಿಲ್ಲ. ಆದರೆ K°–ಮೇಸಾನುಗಳ ಕ್ಷಯದಲ್ಲಿ ಈ ಉಲ್ಲಂಘನೆಯನ್ನು ಪರೋಕ್ಷವಾಗಿ ಕಾಣಬಹುದು.

ಬೀಟ–ಕ್ಷಯಕ್ರಿಯೆಗಳು P–ಅಚರಣೆಯನ್ನು ಮತ್ತು C–ಅರಚಣೆಯನ್ನು 100% ಉಲ್ಲಂಘಿಸಿದರೂ ಸಹ; ಇವೆರಡು ಅಚರಣೆಗಳ ಏಕಕಾಲದ ಪ್ರಭಾವದಲ್ಲಿ ಬೀಟ–ಕ್ಷಯಗಳು ಅಚರವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ಬೀಟ–ಕ್ಷಯಗಳ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಣವನ್ನೂ ಅದರ ಪ್ರತಿಕಣದಿಂದ ಬದಲಾಯಿಸಿ ನಂತರ ಆ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಕನ್ನಡಿಯ ಪ್ರತಿಬಿಂಬನದಲ್ಲಿ ನೋಡಿದರೆ, ಈ ಮೂರನೆ ಕ್ರಿಯೆಯು ಎಲ್ಲಾ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂಗತಿಯನ್ನು ರಷ್ಯಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಲಾಂಡೌ ಅವರು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಿದರು.

ಅಕಸ್ಮಾತ್ ನಮ್ಮ ಮಂಗಳ ಗ್ರಹದ ಸ್ನೇಹಿತರೇನಾದರೂ ಪ್ರತಿಕಣಗಳಿಂದ ರಚಿಸಿದವರಾಗಿದ್ದರೆ, ಲಾಂಡೌ ಅವರ ಪ್ರಕಾರ ಪುನಃ ಅವರಿಗೆ ಎಡ ಮತ್ತು ಬಲ ಯಾವುದೆಂದು ಸರಿಯಾಗಿ ಹೇಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಲಾಂಡೌ ಅವರ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ CP–ಅಚರಣೆಯೆಂದು ಹೆಸರು. K°–ಮೇಸಾನುಗಳ ಕ್ಷಯದಲ್ಲಿ ಈ ಅಚರಣೆಯ ಉಲ್ಲಂಘನೆಯನ್ನು ಸಹ ನಾವು ಕಾಣಬಹುದು. ಆದರೆ K°–ಮೇಸಾನುಗಳ ಕ್ಷಯದ ಹೊರತು CP–ಅಚರಣೆಯ ಉಲ್ಲಂಘನೆ ಇನ್ನೆಲ್ಲೂ ಇದುವರೆಗೆ ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷವಾಗಿಲ್ಲ.

ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲಗಳ ಅತಿಮಂದತೆಯ ಕಾರಣದಿಂದ, ಈ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಮೇಲ್ಕಂಡ ಅಸಂತತ ಸಮಸೂತ್ರತೆಗಳ ಪ್ರಭವದಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ವರ್ತಿಸುವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ಈಗ ಸಧ್ಯದಲ್ಲೇ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವುದು ಬಹಳ ಕಷ್ಟದ ಕೆಲಸವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಅಸಂತತ ಸಮಸೂತ್ರತೆಗಳನ್ನು ಉಲ್ಲಂಘಿಸುವ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಅತ್ಯಂತ ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವೇನೆಂದರೆ, ಎಲ್ಲ ಕ್ರಿಯೆಗಳೂ ಈ ಮೂರು ಅಸಂತತೆಗಳ ಏಕಕಾಲಿಕ ಪ್ರಭಾವದಲ್ಲಿ ಅಚರವಾಗುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ CPT–ಅಚರಣೆಯೆಂದು ಹೆಸರು.

CPT–ಅಚರಣೆಯು ಇಂದಿನ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಗಾಢವಾದ ತತ್ತ್ವಗಳಲ್ಲೊಂದು. ಇಂದಿನವರೆಗೆ ಈ ತತ್ತ್ವದ ಉಲ್ಲಂಘನೆ ನಮಗೆ ಕಂಡುಬಂದಿಲ್ಲ. ಈ ತತ್ತ್ವದ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ನಾವು ಪ್ರಕೃತಿಯು ತನ್ನ ನಿಯಮಗಳ ಉಲ್ಲಂಘನೆಯನ್ನೂ ಸಹ ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾಗಿ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ, ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಮಾಡುತ್ತದೆ ಎನ್ನಬಹುದು.

CPT–ಸಮಸೂತ್ರತೆಯನ್ನು ಶಕಲ ಮತ್ತು ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ ತತ್ತ್ವಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ತರ್ಕಬದ್ಧವಾಗಿ ಸಮರ್ಥಿಸಬಹುದು.

ಮೂಲಕಣ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಿಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಾಬಲ್ಯವನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ಅತಿ ಭಿನ್ನದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಗ್ರಹಿಸಬಹುದು. ಶೂನ್ಯಜಡಮಾನಶಕ್ತಿ (rest masszero)

ಮತ್ತು ℏ ಭ್ರಮಣಾಂಕವಿರುವ ಕಣಗಳನ್ನು ಕಾಲ್ಪನಿಕವಾಗಿ ಅಂಗೀಕರಿಸಿದರೆ ತರ್ಕಶಾಸ್ತ್ರ ಸಾಮಂಜಸ್ಯ (logical consistency) ಮಾತ್ರವೇ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ಲನ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಹೊರಪಡಿಸಬಲ್ಲದು. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ 2ℏ ಭ್ರಮಣಾಂಕವಿರುವ ಶೂನ್ಯಜಡಮಾನಶಕ್ತಿಯುತ ಕಣಗಳನ್ನು ಅಂಗೀಕರಿಸಿದರೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ತರ್ಕಬದ್ಧವಾಗಿ ಸಾಧಿಸಬಹುದು.

ಆದ್ದರಿಂದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಮೂಲಕಣಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷವಾಗಿ ಭಾಗವಹಿಸದಿದ್ದರೂ, ಅವರ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಈ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳ ಮುಖ್ಯ ಅಡಿಪಾಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪರಿಣಾಮಗಳಾದ ಭ್ರಮಣಾಂಕ, ಫರ್ಮಿ ಮತ್ತು ಬೋಸ್ ಸಂಖ್ಯಾಸಂಗ್ರಹಣ, ಪ್ರತಿಕಣಗಳ ಇರುವಿಕೆ, ಕಣಗಳನ್ನು ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಂದ ವಿವರಿಸುವ ಅನಿವಾರ್ಯತೆ, *CPT*–ಸಮಸೂತ್ರತೆ ಇತ್ಯಾದಿ ತತ್ತ್ವಗಳಿಲ್ಲದೆ ಮೂಲಕಣಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳುವುದು ಅಸಾಧ್ಯವೆಂದೇ ಹೇಳಬಹುದು.

ಈ 1979, ಇದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಜನ್ಮದಿವಸದ ಶತಾಬ್ಧಿಯಲ್ಲಿ ಈ ಮೇಲ್ಕಂಡ ಸಂಗತಿಗಳು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಅಪಾರ ಜ್ಞಾನದೃಷ್ಟಿಗೆ ಇಂದಿನ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಅರ್ಪಿಸುವ ಪುಷ್ಪಾಂಜಲಿಯೇ ಸರಿ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವಾಣಿ

ನನ್ನ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಬಗೆಗೆ ಹೇಳುವುದಾದರೆ ಅದರ ಪ್ರಾರಂಭ ಆಶಾದಾಯಕವಾಗಿದ್ದರೂ ಪ್ರಗತಿ ಮಾತ್ರ ಕುಂಠಿತವಾಗಿದೆ, ಜಿಗುಟಾಗಿದೆ. ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುತ್ತಿರುವ ಮೂಲಭೂತ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿ, ಯಾರೇ ಆಗಲಿ ಉನ್ನತ ಭರವಸೆಯಿಂದ ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತಿರುವ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಇತರ ಯಾರಿಗೂ ನಂಬಿಕೆ ಮೂಡದಂಥ, ಪರಡುಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ನಾವಿದ್ದೇವೆ. ಒಬ್ಬಾತ ಆತನ ಸಮಸ್ತ ಜೀವನವನ್ನು, ಆತ ಇಲ್ಲಿಂದ ತೊಲಗಿ ಹೋಗಲು ಕಾಲ ಕೂಡಿ ಬರುವ ತನಕವೂ, ನಿರಂತರ ಕರ್ಷಣದಲ್ಲಿಯೇ [tension] ತಳ್ಳುತ್ತಿರುತ್ತಾನೆ. ಆದರೆ ನಾನು ಮಾಡಿರುವ ಕಾರ್ಯದ ಸಾರಭೂತಾಂಶ ನಮ್ಮ ವಿಜ್ಞಾನದ ಸ್ವೀಕೃತ ಆಧಾರಭಾಗವಾಗಿದೆ ಎಂಬ ಒಂದು ಸಮಾಧಾನ ಮಾತ್ರ ನನಗಿದೆ. [1935 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಿನ್‌ಸ್ಟನ್ನಿನಿಂದ ಬರೆದ ಒಂದು ಕಾಗದದಿಂದ ಉದ್ಧೃತ.]

ಅನು : ಜಿ. ಟಿ. ಎನ್.

ಡಾ|| ಬಿ. ಸಂಜೀವಯ್ಯ

ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಕೆಲವು ವಿಚಾರಗಳು

ಪೀಠಿಕೆ

'ಸಾಪೇಕ್ಷತೆ' ಎಂಬ ಪದವನ್ನು ಕೇಳಿದಾಗ ಅಥವಾ ನೋಡಿದಾಗ ಮೊದಲು ನಿಮ್ಮ ನೆನಪಿಗೆ ಬರುವುದೇನು? ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್ ಅವರ ಹೆಸರು ಅಥವಾ $E=mc^2$ ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣ, ಅಥವಾ ಬಹುಕಾಲ ಪ್ರಯಾಣಮಾಡಿ ನವಯುವಕರಂತೆ ಹಿಂತಿರುಗಿ ಬರುವ ಆಕಾಶ ಪ್ರಯಾಣಿಕರ ಚಿತ್ರ. ಏಳು ದಶಕಗಳಾದ ಮೇಲೂ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನನು ಸಾಧಿಸಿದ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಒಂದು ಅಮೂಲ್ಯ ಹಾಗೂ ಪ್ರಧಾನ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. 1905ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಚುರಪಡಿಸಿದ ಈತನ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಕೆಳಗಿನ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಮೇಯಗಳನ್ನು ಆಧರಿಸಿದೆ.

1 ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಎಲ್ಲ ನಿಯಮಗಳೂ ಎಲ್ಲ ಜಡಸೂಚೀಕಟ್ಟುಗಳಲ್ಲಿ ಸಹಚರವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

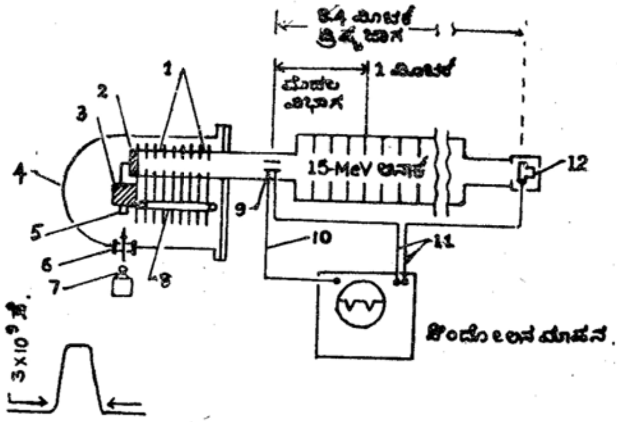
2 ನಿರ್ವಾತದಲ್ಲಿನ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವು ಎಲ್ಲ ಜಡಸೂಚೀಕಟ್ಟುಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವಾಗಲೂ ಒಂದೇ ಮೌಲ್ಯ c ಅನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಇದು ನಿಜಕ್ಕೂ ಒಂದು ಅದ್ಭುತವೇ ಸರಿ, ಏಕೆಂದರೆ ಒಂದು ಇಡೀ ಹೊಸ ಚಲನ ವಿಜ್ಞಾನವೇ ಈ ಎರಡು ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತ ಹೇಳಿಕೆಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಆಧರಿಸಿ ರಚಿತವಾಗಿದೆ. ಈ ಒಂದು ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ವಿವೇಚಿಸಲು ಅಸಮಾನ್ಯ ಬುದ್ಧಿಶಕ್ತಿಯೊಂದರಿಂದಲೇ ಸಾಧ್ಯ. ಇದೇ ವರ್ಷದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ 1905ರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನನು ಫೋಟಾನು ವಾದವನ್ನು ಮಂಡಿಸಿ ಅದರ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ 'ದ್ಯುತಿ–ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ರಿಯೆ'ಯ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ರಚಿಸಿದನು. 1921ರ ನೋಬೆಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕ ದೊರೆತದ್ದು ಇವರ 'ದ್ಯುತಿ–ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ರಿಯೆ'ಯ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ, ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಸ್ಮರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಆದರೆ ವಿಶಿಷ್ಟ ಹಾಗೂ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳೆರಡೂ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್‌ರವರ ಅಪ್ರತಿಮ ಪ್ರತಿಭೆಯ ಮುಖ್ಯ ಸ್ಮಾರಕಗಳೆಂಬುದರಲ್ಲಿ ಯಾವ ಸಂಶಯವೂ ಇಲ್ಲ. ಇದನ್ನು ಸಿ. ಮೊಲರ್‌ರವರ

ಸ್ವಂತ ಪದಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ "ವಿಜ್ಞಾನದ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಅತಿ ಸುಂದರ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲೊಂದು ಕೇವಲ ಒಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿಯಿಂದಲೇ ಬರೆಯಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ." ಕೇವಲ ಎರಡು ಸಾಮಾನ್ಯ ಪ್ರಮೇಯಗಳಿಂದ ಅಗಾಧವಾದ ಮತ್ತು ವಿಶೇಷ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾದ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ರೂಪಿಸಿದ್ದು ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್‌ರವರ ಹಿರಿಮೆಯು ಹೆಗ್ಗುರಿತಿಗೆ ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆಯಾಗಿದೆ. ಐನ್‌ಸ್ಟೀನರು 1905ರಲ್ಲಿ ಮಂಡಿಸಿದ ಈ ಅತ್ಯಂತ ಸರಳ ಮತ್ತು ಸುಂದರವಾದ ಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ ಹೊರಹೊಮ್ಮುವ ಪರಿಣಾಮಗಳನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಸಮರ್ಥಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾದುದು ಸುಮಾರು ಎರಡು–ಮೂರು ದಶಕಗಳ ನಂತರವೆಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಗಮನಿಸಿದಾಗ, ವಿಜ್ಞಾನ ಪ್ರಪಂಚವು ಏಕೆ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ತಕ್ಷಣ ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸ್ವೀಕರಿಸಲಿಲ್ಲವೆಂಬುದು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಕಳೆದ ಐವತ್ತು ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಪರಿಣಾಮಗಳಿಗೆ ಹೇಗೆ ಅನೇಕ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಮರ್ಥನೆಗಳು ದೊರೆತವು ಎಂಬುದನ್ನು ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿ ವಿವರಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಅಂತಿಮ ಜವ (Ultimate Speed) :

ಕಣಗಳ ಚಲನೆಯು ಅವುಗಳ ಮೇಲಿನ ಬಲಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬುದು ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರತಿಪಾದನೆ. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದು ಕಣಕ್ಕೆ ಕೊಡಬಹುದಾದ ಜವಕ್ಕೆ ಯಾವ ಗರಿಷ್ಠ ಪರಿಮಿತಿಯೂ ಇಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಸತತವಾಗಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಬಲಕ್ಕೊಳಗಾಗಿರುವ ವಸ್ತುವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳೋಣ. ಈ ಬಲದ ಪ್ರಮಾಣ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಗೆ ಸರಿಸಮನಾಗಿದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಇದರ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಯಾವಾಗಲೂ 980 ಸೆ.ಮೀ/ಸೆಕೆಂಡ್^{2} ಆಗಿರುವುದು. ವಸ್ತುವು ತನ್ನ ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಚಲಿಸಲು ಆರಂಭಿಸುವುದಾದರೆ ಒಂದು ವರ್ಷದನಂತರ ಇದರ ಜವವು 3×10^{10} ಸೆ.ಮೀ/ಸೆಕೆಂಡ್ ಆಗಿರುವುದು. [ಅಂದರೆ ನಿರ್ವಾತದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಜವ (c) ದಷ್ಟು]. ವರ್ಷಗಳೆರಡಾದ ಮೇಲೆ ಇದು 6×10^{10} ಸೆ.ಮೀ/ಸೆಕೆಂಡ್ ಆಗಿರುವುದು, ಮತ್ತು ಇದೇ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರೆಯುವುದು. ವಸ್ತು ಚಿಕ್ಕದಾಗಿದ್ದರೆ ಗುಣಕ mg ಗಿಂತ ಬಹು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಬಲವೊಂದು ಅತಿಬೇಗ ಅಂದರೆ ಕೆಲವೇ ನಿಮಿಷ ಅಥವಾ ಸೆಕೆಂಡುಗಳಲ್ಲಿಯೇ ವೇಗದಲ್ಲಿರುವ ಈ ಹೆಚ್ಚಳವನ್ನು ತರಬಲ್ಲದು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಅದರ ವಿದ್ಯುದಂಶಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಿರುವ ಕಾರಣ ಇದನ್ನು ಈ ಹೆಚ್ಚಿನ ಜವಗಳಿಗೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಬಹುದು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ನಮ್ಮ ಅನುಭವಕ್ಕಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಜವಗಳಿಗಿಂತ ಈ ಜವದ ಪ್ರಮಾಣ ತುಂಬಾ ಜಾಸ್ತಿಯಿರುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯ ಪ್ರಯೋಗವೊಂದನ್ನು 1962ರಲ್ಲಿ ಡಬ್ಲ್ಯು. ಬರ್ಟೋಜಿ ಎಂಬುವನು ಮಾಡಿದನು. ಪ್ರಯೋಗದ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.



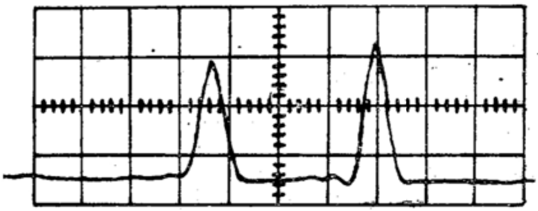
ಚಿತ್ರ 1. ವ್ಯಾನ್–ಡಿ–ಗ್ರಾಫ್ ಜನರೇಟರ್ ಮತ್ತು ಲಿನಾಕ್‌ಗಳ ಜೋಡಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಸಾಧನ

1 ಸಮಾನ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಸಮತಲ 2 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ತುಪಾಕಿ 3 ವೇಗದ ಪಲ್ಸರ್ 4 ವಾನ್-ಡಿ ಗ್ರಾಫನ ಒತ್ತಡದ ಹೊಂಡ 5 ಫೋಟೋ ಟ್ಯೂಬ್ 6 ಕಿಟಕಿ 7 ಬೆಳಕಿನ ಸಿಡಿತಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ಉಪಕರಣ 8 ಛಾರ್ಜಿಂಗ್ ಪಟ್ಟಿ 9 ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಸಿಡಿತದ ಪ್ರಾರಂಭವನ್ನು ತಿಳಿಸುವ ಸಣ್ಣ ಕೊಳವೆ 10 ಸಂಜ್ಞೆಯನ್ನು ಕೊಂಡೊಯ್ಯುವ ತಂತಿ 11 ಸಮಾನ ಚಲನ ಕಾಲವನ್ನೊಂದಿರುವ ಸಂಜ್ಞೆಗಳನ್ನು ಕೊಂಡೊಯ್ಯುವ ತಂತಿಗಳು 12 ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ ಬಿಲ್ಲೆ

ಈ ಪ್ರಯೋಗ ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ, ರೇಖೀ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದ (ಲಿನಾಕ್) ಮೂಲಕ ಚಲಿಸುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಚಲನ ಕಾಲವನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಅಳತೆ ಮಾಡುವುದು. ಲಿನಾಕ್‌ನ ಒಳಕ್ಕೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಕಳುಹಿಸುವ ಮುನ್ನ ವಾನ್–ಡಿ–ಗ್ರಾಫ್ ಜನರೇಟರ್‌ನ ಸ್ಥಾಯೀ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದಲೇ $1{\cdot}5\ MeV$ ವರೆಗೆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಗೆ ಕೊಡಬಹುದು. ಅನಂತರ ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಲಿನಾಕ್‌ನಲ್ಲಿರುವ ಸಾಲು ಸಾಲಿನ 'ಡ್ರಿಫ್ಟ್' ಕೊಳವೆಗಳನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸುತ್ತವೆ, ಮತ್ತು ಅವುಗಳು AB ಪಥವನ್ನು ಹಾದುಹೋಗುವ ಕಾಲವನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ರೇಡಿಯೋಕಂಪನದಲ್ಲಿ ಲಿನಾಕ್‌ನ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಕೆಲಸ ಮಾಡಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬಹುದು (ಅಂದರೆ ಸುಮಾರು $15\ MeV$ ವರೆಗೆ).

ವಾನ್–ಡಿ–ಗ್ರಾಫ್ ಜನರೇಟರಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ತುಪಾಕಿಯಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಸಣ್ಣ–ಸಣ್ಣ ಸಿಡಿತಗಳಾಗಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತವೆ. (ಸಿಡಿತಗಳ ಅಂತರ ಸುಮಾರು 3×10^{-9} ಸೆಕೆಂಡು). A ಮತ್ತು B ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಅವಾಹಕ

ಗಳಿಂದ ಆವೃತ್ತವಾದ ವಿದ್ಯುದ್ವಾರಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಸಿಡಿತ ಹಾದುಹೋದಾಗ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಜ್ಞೆಯನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುತ್ತವೆ. ಈ ಸಂಜ್ಞೆಗಳನ್ನು ಸಮಾನ ಉದ್ದವಿರುವ ತಂತಿಗಳಿಂದ ಕ್ಯಾಥೋಡ್–ರೆ–ಆಂದೋಲನ ಮಾಪನಕ್ಕೆ ಕೊಂಡೊಯ್ಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಸಂಜ್ಞೆಗಳು ಆಂದೋಲನ ಮಾಪನ ಮುಟ್ಟಲು ಸಮಾನ ಕಾಲ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇವನ್ನು ಎರಡು ತೆನೆಗಳಾಗಿ ಆಂದೋಲನ ಮಾಪನದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 2: ಆಂದೋಲನ ಮಾಪನದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ತೆನೆಗಳು

ಇವುಗಳ ಅಂತರವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಸಿಡಿತವು A ಬಿಂದುವಿನಿಂದ B ಬಿಂದುವಿಗೆ ತೆರಳಲು ತೆಗೆದುಕೊಂಡ ನಿಜವಾದ ಕಾಲವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

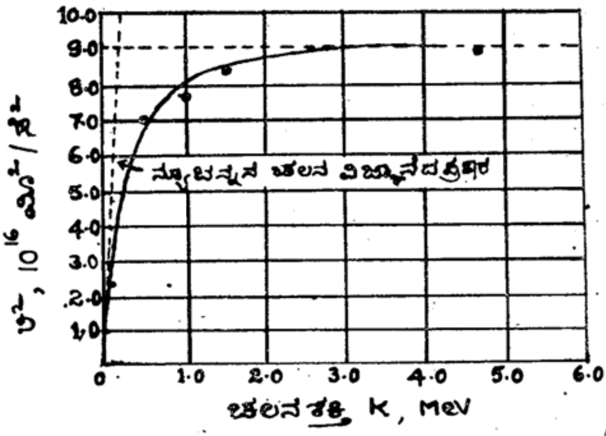
ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಪಟ್ಟಿ 1

ಚಲನ ಶಕ್ತಿ (K) MeV ಯಲ್ಲಿ	ಹಾರಾಟದ ವೇಳೆ $t \times 10^{-8}$ ಸೆಕೆಂಡ್	ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವೇಗ $V \times 10^{10}$ ಸೆ.ಮೀ/ಸೆಕೆಂಡು	$V^2 \times 10^{20}$ ಸೆ.ಮೀ^{2}/ಸೆಕೆಂಡ್^{2}
0.5	3.23	2.60	6.8
1.0	3.08	2.73	7.5
1.5	2.92	2.88	8.3
4.5	2.84	2.96	8.8
15.0	2.80	3.00	9.0

ಈ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ ಯಾರಗಮನಕ್ಕಾದರೂ ಬರುವ ಅಂಶವೆಂದರೆ, ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನ ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿದ್ದಲ್ಲಿ ಬರುವ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಇವಲ್ಲ ಎಂಬುದು. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಚಲನಶಕ್ತಿಯು 30 ಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದೆ. ಅಂತೆಯೇ ವೇಗವೂ ಸಹ 5.5 ಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಬೇಕಾಗಿತ್ತು. (ಕಾರಣ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಕಾರ $V \propto K^{\frac{1}{2}}$). ಅದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಕೇವಲ ಶೇಕಡ 15ರಷ್ಟು

ಹೆಚ್ಚಳವಿದೆ. 1·5 *MeV* ಮತ್ತು 4·5 *MeV* ಅಥವಾ 4.5 *MeV* ಮತ್ತು 15 *MeV* ನಡುವಿನ *V*ಯ ಹೆಚ್ಚಳ ಪ್ರಯೋಗ ನಿಖರತೆಯೊಳಗೆ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಬಹುದಾಗಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ qu ಮೇರೆಗೆ ಲೆಕ್ಕಹಾಕಿದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಗಳಿಗೆ ನಿಜವಾಗಿ ಕೊಟ್ಟಿದೆಯೇ ಎಂಬುದನ್ನು ಯಾರಾದರೂ ಪ್ರಶ್ನಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಇಲ್ಲಿ q ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಮತ್ತು u ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛಾನ್ನಾಂತರ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಕ್ಯಾಲೋರಿ ಮಾಪಕದಿಂದ ಅಳತೆಮಾಡುವುದರ ಮೂಲಕ ಮೇಲಿನ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. *B* ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟ ಶಕ್ತಿ ಅಲ್ಲೇ ಇದೆ ಎಂಬುದರಲ್ಲಿ ಸಂಶಯವೇ ಇಲ್ಲ.



ಚಿತ್ರ 3. ಚಲನಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ವೇಗದ ವರ್ಗಕ್ಕಿರುವ ಸಂಬಂಧ

ಚಿತ್ರ 3 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಸಾಂಪ್ರದಾಯ ಲೆಕ್ಕಚಾರ ಗಳೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದು V^2 ವಿರುದ್ಧ K ನಿರೂಪಿಸುವ ರೇಖಾಚಿತ್ರ. ಸಾಂಪ್ರದಾಯವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ $V^2=2K/m$ ಇರಬೇಕಿತ್ತು. ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವ ಪ್ರಕಾರ ಇದು 1 *keV* ಅಥವಾ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಗೆ ಯಥಾರ್ಥವಾಗಿ ಸರಿಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಮೇಲಿನ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಅತಿ ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿ ಅಂದರೆ 0·5 *MeV*. ಇದರಲ್ಲಿ *V*ನ ಬೆಲೆ ಎರಡು ಪಟ್ಟು ಜಾಸ್ತಿಯಿದೆ. ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಗಳಲ್ಲಿ ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. *K* ಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ *V* ಯ ಬೆಲೆ ಹೆಚ್ಚುವುದರ ಬದಲು ಒಂದು ಅಸಂಪಾತ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಮುಟ್ಟುವ ಎಲ್ಲ ಚಿಹ್ನೆಗಳನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಅಸಂಪಾತ ರೇಖೆಗೆ ಅನುಗುಣ ವಾಗುವ *V* ಯ ಬೆಲೆ 3×10^{10} ಸೆ.ಮೀ/ಸೆಕೆಂಡು. ಈ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಎತ್ತಿ

ತೋರಿಸುವುದೇನಂದರೆ "ಯಾವ ವಸ್ತುವಿಗೇ ಆಗಲಿ ಜವಮಿತಿಯೊಂದಿದೆ. ಈ ಮಿತಿಯೇ ನಿರ್ವಾತದಲ್ಲಿನ ಬೆಳಕಿನ ಜವ c ".

ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವು ಚಲನೆಯ ಮೂಲಭೂತ ನಿಯತಾಂಕಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೆಂಬುದು ಬಹು ಹಿಂದಿನಿಂದಲೂ ಅಂಗೀಕೃತವಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ಫೋಟಾನಿನ ಚಿತ್ರವನ್ನು ರಶ್ಮಿಗೆ ಕೊಟ್ಟಾಗ ಇದು ಒಂದು ಹೊಸ ಅಂಶವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಫೋಟಾನುಗಳ ಶಕ್ತಿ $h\nu$ ಬಹಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದರೂ ಅವೆಲ್ಲವೂ ಒಂದೇ ವೇಗ c ಅನ್ನು ಪಡೆದಿರುವುದು ನಿಜವೇ? ಇದಕ್ಕೆ ಉತ್ತರ ನಮ್ಮೆಲ್ಲರ ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಬಂದಿರುವಂತೆ, ಹೌದು.

ಒಂದು ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿ $E = h\nu$ ಆದರೆ, ಇದರೊಂದಿಗೆ P ಪ್ರಮಾಣದ ಆವೇಗವನ್ನು ಅದು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಹೇಗೆಂದರೆ $P = E/c = \frac{h\nu}{c} = h/\lambda$. λ ಎನ್ನುವುದು ರಶ್ಮಿಯ ತರಂಗಾಂತರ. ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯ ಮತ್ತು ಮೂಲಕಣಗಳ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ದೊರೆಯಬಹುದಾದ ಅಪರಿಮಿತ ಆಧಾರಾಂಶಗಳಿಂದ ಇದು ಸಮರ್ಥಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಫೋಟಾನು ಮತ್ತು ಬೇರೆ ಕಣಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಸಂಭವಿಸಬಹುದಾದ ಸಂಘರ್ಷಣೆಯನ್ನು, ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣವು ನಿಜವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಿ ವಿಶ್ಲೇಷಿಸುತ್ತೇವೆ.

ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದು ಕಣದ ಚಲನಶಕ್ತಿ, ವೇಗ ಮತ್ತು ಆವೇಗಗಳನ್ನು ಸಂಯೋಜಿಸುವ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ($K = \frac{1}{2}Vp$) ಫೋಟಾನುಗಳ $E = cp$ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಹೋಲಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಫೋಟಾನುಗಳಿಗೆ $E = \frac{1}{2}cp$ (ತಪ್ಪು) ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು ನಮ್ಮನ್ನು ಪ್ರಚೋದಿಸುವುದು ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯೆಲ್ಲವೂ ಚಲನಶಕ್ತಿಯಾಗಿರುವ ಅಂಶ. ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ವೇಗವನ್ನು ಅತಿಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದಿಂದ ಅಂದರೆ $V < 0.1\ c$ ಯಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ c ಗೆ ಸಮನಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿಸಿದಾಗ ಚಲನಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಆವೇಗಗಳ ಸಮಾಕರಣ ವೇನಾಗುತ್ತವೆ? ಎಂದು ಯಾರಾದರೂ ಪ್ರಶ್ನಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಉತ್ತರವೆಂದರೆ ಅತಿಕಡಿಮೆ ಚಲನಶಕ್ತಿಗಳಿಗೆ (ಅಂದರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಗೆ $K < 1keV$) ಈ ಸಮಾಕರಣ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಸಮೀಕರಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಗಳಿಗೆ (ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಗೆ $K > 0{\cdot}1\ MeV$) ಆವೇಗವು $\frac{2K}{V}$ ಪ್ರಕಾರ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರಹಾಕಿದ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಗಳಿಗೆ (ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಗೆ $K > 50\ MeV$) $\frac{K}{C}$ ಈ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಶೇಖಡ 1 ಕ್ಕಿಂತ ಉತ್ತಮ ನಿಖರತೆಯಲ್ಲಿ ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದಾದ ಅಂಶವೆಂದರೆ ಚಲನಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ವೇಗಗಳ ಸಮೀಕರಣದಂತೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿನ ಚಲನಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ವೇಗಗಳನ್ನು ಕಣವು ಮುಟ್ಟಿದಾಗ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನ ವಿಜ್ಞಾನವು ಈ ಕಣದ ಚಲನೆಯನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಅಸಮರ್ಥವಾಗುವುದೆಂಬುದು.

ದ್ರವ್ಯಾಂಶ–ಶಕ್ತಿ ಸಮಾನತ್ವ

ಸಾಮಾನ್ಯ ಮನುಷ್ಯನಿಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್ ಮತ್ತು ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಗಳ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತ ನಿರೂಪಣೆ ಎಂದರೆ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ–ಶಕ್ತಿಗಳ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ $E=mc^2$ ಅಥವಾ $m=E/c^2$ ಸಮೀಕರಣ. 1907 ರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್ ತನ್ನ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಿದಾಗ ಯಾರೂ ಇದನ್ನು ಗಂಭೀರವಾಗಿ ಗಮನಿಸಲಿಲ್ಲ ಎಂದು ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಿದೆವು. ಕಾರಣ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಇದನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸುವುದು ಅಷ್ಟು ಸುಲಭವಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರೆಯಲು ಎರಡೂವರೆ-ದಶಕಗಳೇ ಬೇಕಾಯಿತು. ಪರಮಾಣುವಿನ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯದ ಸುತ್ತ ಇರುವ ಕೂಲಾಂಬ್ ಕ್ಷೇತ್ರದೊಂದಿಗೆ ಗ್ಯಾಮಕಿರಣಗಳು ನಡೆಸಬಹುದಾದ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು–ಪಾಸಿಟ್ರಾನು ಮೂಲಕಣಗಳ ಜೋಡಿಗಳು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಈ ಕಣ–ಅವಕಣಗಳ ಜೋಡಿಯ ಲಯದಿಂದ ಶಕ್ತಿಯು ಗ್ಯಾಮ ಕಿರಣಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೊರಬರುವುದು 1932 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಇದು ಒಂದು ನೇರ ಹಾಗೂ ದೃಢವಾದ ನಿದರ್ಶನವಾಯಿತು. ಇದರ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಮುಂದೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿವರಗಳನ್ನು ತಿಳಿಯೋಣ. ಈಗ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ-ಶಕ್ತಿ ಸಮಾನತ್ವದ ಇನ್ನೂ ಕೆಲವು ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನು ವಿಚಾರಮಾಡೋಣ.

ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ನಮ್ಮ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಇರುವಿಕೆಯು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿರುವುದು ಭೂಮಿ ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಪಡೆಯುತ್ತಿರುವ 1.35×10^3 ವಾಟ್/ಚದುರ ಮೀ. ಶಕ್ತಿಯಿಂದ. ಈ ಮೌಲ್ಯದ ನೈಜ ಅರ್ಥ ನಮಗಾಗುವುದು ಸೂರ್ಯನ ಅಂತರಾಳದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಥರ್ಮೋ–ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಂಡಾಗಲೇ. ಇದರಿಂದ ಸೂರ್ಯನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ $4\text{–}5\times10^6$ ಟನ್ನಿನಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಕಡಿಮೆಯಾದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ $\triangle m$ ಸಮೀಕರಣ $\triangle E=\triangle mc^2$ ಪ್ರಕಾರ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತದೆ. ಒಂದು ವರ್ಷದಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ತಗ್ಗುವಿಕೆ $(\triangle m)$ ಕೇವಲ 10^{13} ರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು ಮಾತ್ರ. ಇದು ಸರಪಳಿ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಂದ ಬರುತ್ತದೆ. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದುದೊಂದು ಕ್ರಿಯೆಯೆಂದರೆ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ $({}^{\prime}{}_{1}H)$ ಪರಮಾಣು ಹೀಲಿಯಂ $({}^{4}{}_{2}He)$ ಆಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುವುದು.

$P+d\rightarrow {}_{2}^{3}\mathrm{He}+\gamma$ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರೋಟಾನು ಒಂದು ಡ್ಯೂಟ್ರಾನಿನೊಂದಿಗೆ (${}_{1}^{2}H$ನ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯ) ಒಂದುಗೂಡಿ ಎರಡು ಪ್ರೋಟಾನ್ ಮತ್ತು ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಇರುವ ${}_{2}^{3}He$ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕೆಲವು ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಕೊಟ್ಟಿದೆ.

ಪ್ರೋಟಾನಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ $= 1.6724 \times 10^{-24}$ ಗ್ರಾಂ
ಡ್ಯೂಟ್ರಾನಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ $= 3.3432 \times 10^{-24}$ ಗ್ರಾಂ
$(P+d)$ ನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ $= 5.0156 \times 10^{-24}$ ಗ್ರಾಂ
${}^{3}_{2}He$ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ $= 5.0058 \times 10^{-24}$ ಗ್ರಾಂ
ದ್ರವ್ಯಾಂಶದಲ್ಲಿನ ಇಳಿತ $\triangle m = 0.0098 \times 10^{-24}$ ಗ್ರಾಂ
ಅಂದರೆ ಶಕ್ತಿ $\triangle E = \triangle mc^2 = 0.0098 \times 10^{-24} \times 9 \times 10^{20}\ ergs = 5.5\ MeV$

ಈ ಶಕ್ತಿಯು ಗ್ಯಾಮ ಕಿರಣಗಳಾಗಿ ಹೊರಬರುತ್ತದೆ. ಈ ಶಕ್ತಿಯ ಗ್ಯಾಮ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ವೀಕ್ಷಿಸಲಾಗಿದೆ. ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಥರ್ಮೋ-ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳು ಸೂರ್ಯನಲ್ಲಿ ನಡೆಯಲು ಸುಮಾರು $10^7\,°K$ ನಷ್ಟು ತಾಪ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇದು ಸೂರ್ಯನ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವೇ ನಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯ. ಮೇಲೆ ಅವಲೋಕಿಸಿದ ಗ್ಯಾಮ ಕಿರಣಗಳು ಸೂರ್ಯನ ಮೇಲ್ಮೈ ತಲುಪುವ ವೇಳೆಗಾಗಲೇ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಹಿರಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ. ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಫೋಟಾನುಗಳಾಗಿ ಹೊರಬರುತ್ತವೆ. ಈ ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯು ಕೇವಲ $1eV$ ನಷ್ಟು ಇರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಕೆಂಪು ವರ್ಣಾತೀತ, ದೃಷ್ಟಿಗೋಚರ, ಊದಾತೀತ ಮುಂತಾದ ಸೌರವರ್ಣಪಟಲಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ ರಶ್ಮಿಯಾಗಿ ಹೊರಬರುತ್ತದೆ.

ಕೇವಲ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯ-ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರವೇ $E=mc^2$ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ಯೋಚಿಸಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಇದು ಎಲ್ಲ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಆದ ಬದಲಾವಣೆ $\triangle E$ ಆದರೆ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದಲ್ಲಾದ ಬದಲಾವಣೆ $\triangle m$ ಅನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿರುತ್ತದೆ; ಅಂದರೆ $\triangle E = \triangle mc^2$. ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಚೆಂಡು ಅದರ ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ ವಿದ್ಯುತ್ ದೀಪದ ಕಾದ ಫಿಲಮೆಂಟು ಅದು ಕಾಯಿಸದಿದ್ದಾಗ ಹೊಂದಿರುವ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿ ಛಾರ್ಜ್ ಮಾಡಿರುವ ಒಂದು ಕ್ಯಾಪಾಸಿಟರ್ (capacitor) ನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಛಾರ್ಜ್‌ಮಾಡದಿದ್ದಾಗ ಇರುವ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿರುತ್ತದೆ. ನಮಗೆ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಪರಿಚಯವಿರುವ 'ಪ್ರಮಾಣ'ಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಅಡಕವಾಗಿರುವ ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಮೌಲ್ಯವು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಿರುತ್ತದೆ. (ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಹತ್ತು ಲಕ್ಷ ಜನ ಸಂಖ್ಯೆಯಿರುವ ಒಂದು ನಗರ ದಿನವೊಂದರ ಗೃಹಕೃತ್ಯಗಳಿಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿರುವ ದ್ರವಾಂಶದ ಮೌಲ್ಯ ಕೇವಲ 1 ಗ್ರಾಂ ನಷ್ಟು). ಈ ಒಂದು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ-

ಶಕ್ತಿಗಳಲ್ಲಿರುವ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಬಹುಕಾಲದಿಂದಲೂ ಮಾನ್ಯಮಾಡಿರಲಿಲ್ಲ. ಐನ್‌ಸ್ಟೀನರ ಸ್ವಂತ ಪದಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ " ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಒದಗಿಸುವ ಸಾಮಾನ್ಯಗುಣವುಳ್ಳ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಫಲಿತಾಂಶವೆಂದರೆ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಕುರಿತಾದ ಪರಿ ಕಲ್ಪನೆಯೇ ಆಗಿದೆ." ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಉದ್ಭವಿಸುವ ಮುನ್ನ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನವು ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಮೂಲಭೂತ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಮಾನ್ಯಮಾಡಿತ್ತು. ಅವು ಯಾವುವೆಂದರೆ " ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮ " ಮತ್ತು "ದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮ." ಇವೆರಡೂ ಮೂಲಭೂತ ನಿಯಮಗಳು ; ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಒಂದರಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿದೆ, ಎಂಬ ಭಾವನೆಯಿತ್ತು. ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದಾಗಿ ಇವೆರಡೂ ಐಕ್ಯಗೊಂಡು ಒಂದೇ ಒಂದು ನಿಯಮವಾಗಿದೆ. ಅದೆಂದರೆ "ದ್ರವ್ಯಾಂಶ–ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ನಿಯಮ".

ಫೋಟಾನುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ $P=E/c$ ಮತ್ತು $m=E/c^2$ ಸಮೀಕರಣ ಗಳಿಂದ $\ddot{m}=P/c$ ಸಮೀಕರಣ ಬರುತ್ತದೆ. ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಕಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ $m=P/V$ ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣವಿದೆ. ಇದು ಹೇಗಿದೆಯೆಂದರೆ $m=P/c$ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ $V=c$ ಆದಾಗ $m=P/V$ ಸಮಿಾಕರಣ ಬರುತ್ತದೆ. ಮುಂದಕ್ಕೆ ಇನ್ನೂ ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದಾದರೆ $m=E/c^2$ ಸಮಿಾಕರಣವು ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳಿಗಿರುವ ಒಂದು ವಿಶ್ವವ್ಯಾಪ್ತಿ ಸಮಾನತ್ವ ವನ್ನು ವರ್ಣಿಸುತ್ತದೆ. ನಾವು ಇವೆರಡನ್ನೂ ಸಂಯೋಜಿಸಿದಾಗ ಒಂದೇ ಒಂದು ಸಮಿಾಕರಣ ಬರುತ್ತದೆ. ಅದು

$$E=c^2p/V$$

ಸಾಂಪ್ರದಾಯಕ ಚಲನ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ನಾವು ಯಾವಾಗಲೂ ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯತಾಸ ಹಾಗೂ ಒಂದು ಬಗೆಯ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಬಗೆಯ ಶಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುವುದರ ಬಗ್ಗೆ ಆಸಕ್ತಿವಹಿಸಿರುತ್ತೇವೆಯೇ ಹೊರತು ಪೂರ್ಣ ಶಕ್ತಿಗಳ ಬಗೆಗಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಒಂದು ಕಣವು ತನ್ನ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆ ಅನುಭವಿಸಿದಾಗ್ಯೂ ಅದರ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಚಲನಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಾದ ಹೆಚ್ಚಳ dE ಹೊರಬಲ (F) ದಿಂದಾದ ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಸರಿಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ

$$dE=Fdx=\frac{dp}{dt}dx=Vdp$$

ಇಲ್ಲಿ dx ಕಣವು ಚಲಿಸಿದ ದೂರ ಮತ್ತು $F=\frac{dp}{dt}$ ಎಂದು ಬರೆದಿರುವುದು ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಎರಡನೇ ಚಲನನಿಯಮವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು. dp ಮತ್ತು dt ಆವೇಗ ಮತ್ತು ವೇಳೆಯಲ್ಲಾದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಾಗಿವೆ.

$E=\frac{c^2p}{V}$ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಗುಣಿಸಿದಾಗ

$EdE=c^2Pdp$ ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಇದನ್ನು ಸಂಕಲನ ಮಾಡಿದಾಗ ನಮಗೆ ದೊರೆಯುವುದು

$E^2=c^2p^2+E^2_0$ ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣ

ಇಲ್ಲಿ $E_0{}^2$ ಸಂಕಲನದ ನಿಯತಾಂಕ. $E_0{}^2$ ಶಕ್ತಿಯ ವರ್ಗದ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ.

$E^2=P^2c^2+E_0{}^2$ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ $Pc=\frac{EV}{c}$ ಎಂಬುದನ್ನು ನಾವು

ಆರೋಪಿಸಿದರೆ $E(N)=\frac{E_0}{(1-V^2/c^2)^{\frac{1}{2}}}$ ಎಂಬುದನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ

$V<<c$ ಆದರಲ್ಲಿ $E(V)=E_0+\frac{1}{2}\left(\frac{E_0}{c^2}\right)V^2$ ಎಂದು ನಾವುಬರೆಯಬಲ್ಲೆವು.

$\frac{E_0}{c^2}=m_0$ ಎಂದು ಬರೆದರೆ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಚಲನ ವಿಜ್ಞಾನದೊಡನೆ ದೃಢೀಕರಣವಾಗುವಂತೆ, m_0 ಅನ್ನು ಕಣದ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಕ ಜಡ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಎಂದು ಗುರುತಿಸಬಹುದು ಆದರೆ $V=0$ ಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ m_0 ಕಣದ ನಿಶ್ಚಲ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ. ಅದು ಈಗ ಒಂದು ನವ್ಯ ಪಾತ್ರವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಬೇರಾವ ಜವದಲ್ಲಿಯೂ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಿಗೆಯಿರುವುದು. ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಆವೇಗಗಳ ನಡುವಣ ಸಂಬಂಧವು $E^2=p^2c^2+m_0{}^2c^4$, ಉಪಯುಕ್ತ ಹಾಗೂ ವಿಶೇಷ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯವಾಗಿರುವುದೆಂದು ಕಂಡುಬಂದಿದೆ. ಆದರೆ ಒಂದು ಕಣದ ಚಲನಶಕ್ತಿ*K, ಸಾಂಪ್ರದಾಯಕ ಚಲನ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಅಷ್ಟೊಂದು ಗುರುತರವಾದ ಪರಿಮಾಣ, ಈಗ ದ್ವಿತೀಯ ಸ್ಥಾನ ಪಡೆಯುವುದು. ಅದು ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿ E ಮತ್ತು ನಿಶ್ಚಲಶಕ್ತಿ E_0 ಗಳ ನಡುವಣ ಕೇವಲ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಮಾತ್ರ ಆಗಿದೆ.

$$K=E-E_0=mc^2-m_0c^2$$

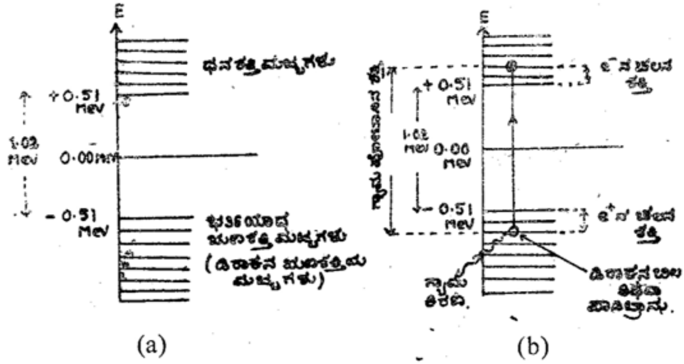
K ಯು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಪ್ರಮುಖ ಪರಿಮಾಣವಾಗಿಯಂತೂ ಉಳಿಯುವುದು. ಏಕೆಂದರೆ ಅದು ಬಾಹ್ಯಬಲಗಳಿಂದ ನಡೆದ ಕೆಲಸದ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಕಣದ ಮೇಲೆ ಒದಗಿಸಿದ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯ ಅಳತೆಯೇ ಆಗಿದೆ.

---

*ಕಣದ ಜವವು 0.1 c ಯನ್ನು ಮೀರಿದಾಗ K ಯು $\frac{1}{2}$ mv^{2}ಗೆ ಸಮನಾಗಿಲ್ಲ ವೆಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿ.

$E^2=P^2c^2+m_0^2c^4$ ಸಂಬಂಧದ ವಿಶೇಷ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆ ಮತ್ತು ಉಪಯುಕ್ತತೆಯನ್ನು ಒತ್ತಿ ಹೇಳಲು ಕೆಲವು ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನು ಈಗ ಚರ್ಚಿಸೋಣ.

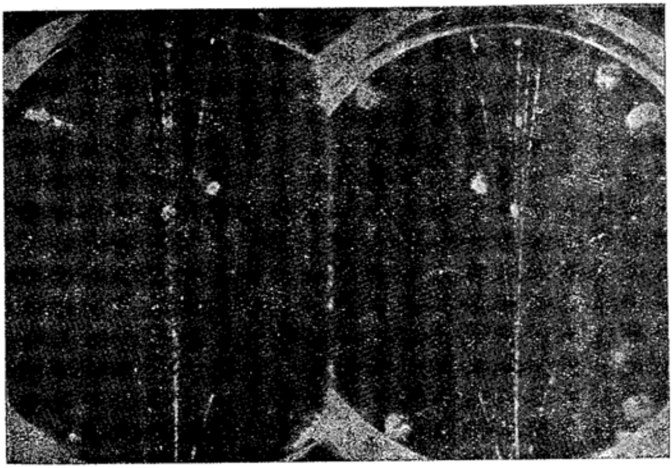
1930ರಲ್ಲಿ ಪಿ. ಎ. ಎಮ್. ಡಿರಾಕ್ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಕ್ವಾಂಟಂವಾದವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ $E^2=P^2c^2+m_0^2c^4$ ಸಂಬಂಧವು ಒಂದು ಆಧಾರ ಸ್ತಂಭವಿದ್ದಂತೆ. ಇಲ್ಲಿ m_0, p ಮತ್ತು E ಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ನಿಶ್ಚಲ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ, ಆವೇಗ ಮತ್ತು ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಗಳು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ನಿಶ್ಚಲಶಕ್ತಿ $m_0c^2=0.51\ MeV$. ಮೇಲಿನ ವರ್ಗೀಯ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ $E=\pm\sqrt{(p^2c^2+m_0^2c^4)}$, ಅಂದರೆ ಧನಶಕ್ತಿ $E_+=+\sqrt{(p^2c^2+m_0^2c^4)}$ ಮತ್ತು ಋಣಶಕ್ತಿ $E_-=-\sqrt{p^2c^2+m_0^2c^4}$ ಎಂಬ ಎರಡು ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಆವೇಗವು ಸೊನ್ನೆಯಾದಾಗ, ಅಂದರೆ $p=0$ ಆದಾಗ $E_+=+m_0c^2=0.51\ MeV$ ಮತ್ತು $E_-=-m_0c^2=-0.51\ MeV$. ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಕಾರ ಋಣಶಕ್ತಿಗೆ ಸ್ಥಾನವಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಕ್ವಾಂಟಂಮೆಕಾನಿಕದ ಪ್ರಕಾರ ಋಣಶಕ್ತಿಯೂ ಇರಬಹುದು, ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಯು ಕೆಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಹೊಂದಿರಬಲ್ಲದು. ಇವುಗಳನ್ನು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸ್ಥಿತಿ ಅಥವಾ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳೆಂದೂ ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. $p=0$ ಆದಾಗ ಒಂದು ಧನ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟವೂ ($+0.51\ MeV$) ಮತ್ತು ಒಂದು ಋಣಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟವೂ ($-0.51\ MeV$) ಇರುವವು. pಗೆ ಬೇರೆ ಬೆಲೆಗಳನ್ನು (ಧನ ಅಥವಾ ಋಣ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ; ಕಾರಣ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಎಡದಿಂದ ಬಲಕ್ಕೆ ಅಥವಾ ಬಲದಿಂದ ಎಡಕ್ಕೆ ಚಲಿಸಬಹುದು) ಕೊಟ್ಟಾಗ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಧನಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಋಣಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳು ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 4 (a)ನಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಧನಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಋಣಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳ ಕನಿಷ್ಠ ಅಂತರ $1.02\ MeV$ ಎಂದು ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ [ಅಂದರೆ $+0.51-(-0.51)\ MeV$]. ಧನಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿರುವ ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗದ ಮೂಲಕ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಬಹುದಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು. ಆದರೆ ಋಣಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ವಾಸ್ತವಿಕವಾಗಿ ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಲ್ಲ ; ಅಂದರೆ ಋಣಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ನಮಗೆ ಯಾವ ಪ್ರಯೋಗದ ಮೂಲಕವೂ ಗೋಚರವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಋಣಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟಗಳು ಖಾಲಿ ಇದ್ದರೆ ಧನಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳೆಲ್ಲಾ ಕ್ವಾಂಟಂಮೆಕಾನಿಕದ ಪ್ರಕಾರ ಇವುಗಳಿಗೆ ನೆಗೆಯಬಹುದು. ಹೀಗಾದರೆ ವಾಸ್ತವಿಕ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳೇ ಇರುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ವಾಸ್ತವಿಕವಾಗಿ ಆರೀತಿ ಆಗುತ್ತಿಲ್ಲ. ಇದನ್ನು ನಿವಾರಿಸಲು ಡಿರಾಕನು ಈ ಋಣಶಕ್ತಿಯ ಎಲ್ಲ ಮಟ್ಟಗಳೂ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಂದ ಭರ್ತಿಯಾಗಿರುತ್ತವೆಯೆಂದು ವಾದಿಸಿದನು. ಅಂತಹ ಭರ್ತಿಯಾದ ಋಣಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟಗಳು



ಚಿತ್ರ 4. (a) 1.02 MeV ಅಂತರದಿಂದ ಬೇರ್ಪಟ್ಟ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳು
(b) ಧನಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಮತ್ತು ಡಿರಾಕನ ಬಿಲ (ಪಾಸಿಟ್ರಾನು)

ನಮಗೆ ಗೋಚರವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಂದ ಭರ್ತಿಯಾದ ಈ ಋಣಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟಗಳು ಎಲ್ಲಾ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿಯೂ (ಶೂನ್ಯ ಪ್ರದೇಶವೂ ಸೇರಿ!) ಇವೆ. ಆದರೆ ಅವುಗಳ ಅರಿವು ನಮಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಡಿರಾಕನ ಕಲ್ಪನೆಯ ಋಣಶಕ್ತಿಯ ಸಾಗರ ದಲ್ಲಿರುವ ಅಗೋಚರವಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೊಂದಕ್ಕೆ ಯಾವುದಾದರೂ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಕಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸಿದರೆ ಅದು ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಾಗಿ ಧನಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು. ಚಿತ್ರ 4 (b).

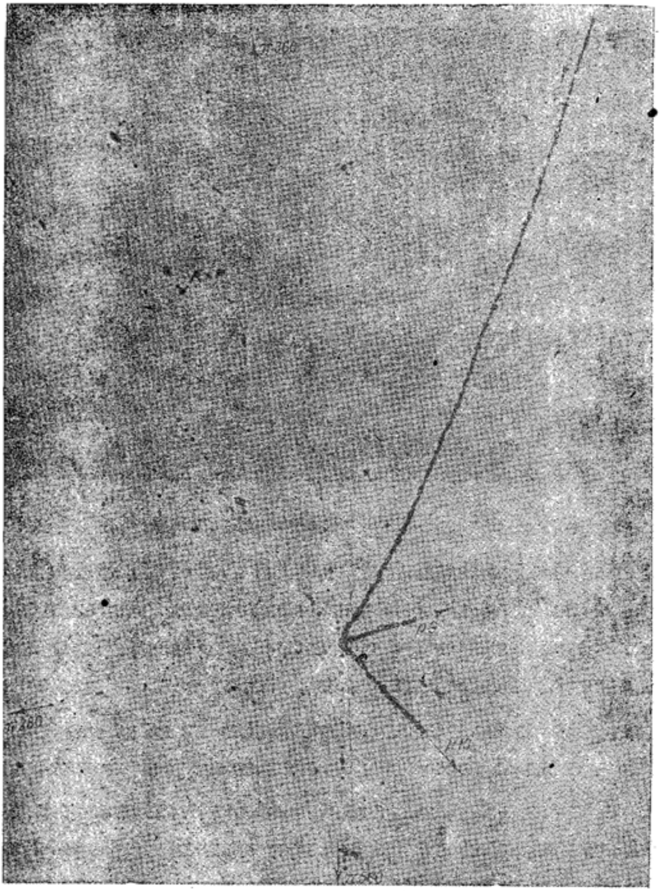
ಅದು ಮೊದಲು ಆಕ್ರಮಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದ ಋಣಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಖಾಲಿ ಸ್ಥಳವುಂಟಾಗುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ 'ಡಿರಾಕನ ಬಿಲ' ಎಂದು ಹೆಸರು. ಭರ್ತಿಯಾಗಿರುವ ಋಣಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟವು ನಮಗೆ ಅಗೋಚರವಾದರೆ, ಡಿರಾಕನ ಬಿಲವು ಗೋಚರ ವಾಗಲೇಬೇಕಲ್ಲವೇ! ಇದನ್ನು ಡಿರಾಕನು 'ಪಾಸಿಟ್ರಾನು' e^+ ಎಂದು ಹೆಸರಿಸಿದನು. ಈ ಕಣವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನಷ್ಟೇ ನಿಶ್ಚಲಸ್ಥಿತಿಯ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು, ಸ್ಪಿನ್ $\frac{1}{2}\left(\frac{h}{2\pi}\right)$ ಅನ್ನೂ ಮತ್ತು ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶ $+e$ ಯನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕೆಂದು ಆತನು ತಿಳಿಸಿ ದನು. 1932 ರಲ್ಲಿ ಆಂಡರ್ಸನ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮೇಘಮಂದಿರದಲ್ಲಿ ಕಾಸ್ಮಿಕ್ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸುತ್ತಿದ್ದಾಗ, ಈ ಪಾಸಿಟ್ರಾನನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದನು (ಮುಂದಿನ ಪುಟದಲ್ಲಿರುವ ಚಿತ್ರ ನೋಡಿ). ಅಲ್ಲಿಂದೀಚೆಗೆ 1.02 MeV ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಗ್ಯಾಮಕಿರಣಗಳನ್ನು ವಸ್ತುಗಳ ಮೂಲಕಹೋಗುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು-ಪಾಸಿಟ್ರಾನು ಜೊತೆ ಸೃಷ್ಟಿಯಾಗುವುದೆಂದು ಅನೇಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಿವೆ. ಪಾಸಿಟ್ರಾನು ಸಾಮಾನ್ಯ ವಸ್ತು ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ;



ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಮತ್ತು ಪಾಸಿಟ್ರಾನು ಜೋಡಿ ಸೃಷ್ಟಿ

ಯಾಕೆಂದರೆ ಈ ಪಾಸಿಟ್ರಾನು ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೊಂದರೊಡನೆ ಸೇರಿ 'ಪಾಸಿಟ್ರೋನಿಯಂ' ಎಂಬ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಹೋಲುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಯೊಂದಾಗುವುದು ಮತ್ತು ಇದು ಕೇವಲ ಸುಮಾರು 10^{-8}ರಿಂದ 10^{-10} ಸೆಕೆಂಡು ಗಳಲ್ಲಿ ನಾಶವಾಗಿ ಮೂರು ಅಥವಾ ಎರಡು ಗ್ಯಾಮ(ಕಿರಣ) ಫೋಟಾನುಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಳ್ಳುವುದು. ಅಂದರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು–ಪಾಸಿಟ್ರಾನು ಎಂಬ ವಸ್ತುವಿನ ಕಣಗಳು ಲಯಹೊಂದಿ ಗ್ಯಾಮ ಫೋಟಾನುಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯು ಹೊರಬೀಳು ವುದು. ಈ ಜೋಡಿ–ಸೃಷ್ಟಿ ಮತ್ತು ಲಯಗಳು ಸಾಪೇಕ್ಷವಾದದ ಅತ್ಯಂತ ಮಹತ್ತರ ವಾದ ಪರಿಣಾಮವೊಂದಾದ ಶಕ್ತಿ–ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ಸಮಾನತ್ವ ($E=mc^2$)ವನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ದೃಢೀಕರಿಸಿದವು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಕಣವೆಂದೂ, ಪಾಸಿಟ್ರಾನನ್ನು ಅವ-ಕಣ ಅಥವಾ ವಿರೋಧಿಕಣವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಅವ–ಪ್ರೋಟಾನು ಮತ್ತು ಅವ-ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು–1955–56ರಲ್ಲಿ ಸೆಗ್ರೆ ಮತ್ತು ಅವರ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು. ಇವುಗಳ ಜೋಡಿ-ಸೃಷ್ಟಿ ಮತ್ತು ಲಯಗಳನ್ನೂ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ವಾಗಿ ಅಧ್ಯಯನಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳು ಲಯವಾದಾಗ ಮೆಸಾನುಗಳೆಂಬ ಮೂಲಕಣಗಳು ಹೊರಹೊಮ್ಮುತ್ತವೆ (ಮುಂದಿನ ಪುಟದಲ್ಲಿರುವ ಚಿತ್ರ ನೋಡಿ).

ಕಳೆದ 50 ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಮೂಲಕಣಗಳು, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಬಹುಭಾಗ ಅಸ್ಥಿರವಾಗಿರುವುವು, ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಈ ಕಣಗಳ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮತ್ತು ಶಿಥಿಲಗಳ ವರ್ಣನಾತ್ಮಕ



ಅವಪ್ರೋಟಾನಿನ ಲಯ (Ilfood G-5 emulsion)

ಛಾಯಾ ಫಲಕದಲ್ಲಿ ಪಡೆದ ಚಿತ್ರ. $\bar{P}$–P ಜೋಡಿ ಲಯದಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ಮೆಸಾನುಗಳ ಜಾಡುಗಳನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು

ಗತಿವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ (Kinematics), ಕಣಗಳ ಜವಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದರಿಂದ ನಾವು ಸಾಪೇಕ್ಷೀಯ ಸೂತ್ರಗಳನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು.

m_1 ನಿಶ್ಚಲದ್ರವ್ಯಾಂಶದ X ಕಣವೊಂದು, ಪ್ರಯೋಗಮಂದಿರದ ಸೂಚೀ ಚೌಕಟ್ಟಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಂತೆ ಮುಕ್ತವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿಯೂ ಇರುವ m_2 ನಿಶ್ಚಲದ್ರವ್ಯಾಂಶದ ಮತ್ತೊಂದು ಕಣ Y ಒಡನೆ ಸಂಘಟಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಒಂದು

ಹೊಸಕಣ ' a ' ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವುದನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ಅಳತೆಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಮಾಡುವುದು ಈ ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿಯೇ. ಅಂತಹ ಸಂಘಟ್ಟನಾಸಂದರ್ಭಗಳಿಲ್ಲದರಲ್ಲಿಯೂ, ಯಾವ ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟು ಆವೇಗ ಸೊನ್ನೆಯಾಗಿರುವುದೆಂದು ನಿರೂಪಿಸಿ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಕೇಂದ್ರ ಚೌಕಟ್ಟು ಎಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವುದೋ ಆ ಮತ್ತೊಂದು ಸೂಚೀಚೌಕಟ್ಟನ್ನು ನಾವು ಪರಿಗಣಿಸುವೆವು. ಸಂಘಟ್ಟನೆಯು ಈ ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿರುವ ಚಿತ್ರಗಳಂತೆ ಕಾಣುವುದು.



(a) ಪ್ರಯೋಗ ಮಂದಿರ ಚೌಕಟ್ಟು (b) ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಕೇಂದ್ರ ಚೌಕಟ್ಟು

ಸಂಘಟ್ಟನೆಗೆ ಮೊದಲು

ಇಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯ ಚೌಕಟ್ಟಿಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕೇಂದ್ರ ಚೌಕಟ್ಟು ' V ' ಜವದೊಂದಿಗೆ ಎಡದಿಂದ ಬಲಕ್ಕೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿದೆ. ಹಾಗೆಂದರೆ ಇವು ಎಲ್ಲಾ ನಿಯಮಗಳೂ ಸಹಚರವಾಗಿರುವ ಎರಡು ಜಡ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳಾಗಿವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ E ಮತ್ತು p ಗಳು ಪ್ರಯೋಗಮಂದಿರದ ಚೌಕಟ್ಟಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಂತೆ ಕಣಗಳ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಆವೇಗಗಳಾಗಿದ್ದರೆ ಹಾಗೂ E^1 ಮತ್ತು p^1ಗಳು ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕೇಂದ್ರ ಚೌಕಟ್ಟಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಂತೆ ಕಣಗಳ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಆವೇಗಗಳಾದರೆ, ಆಗ

$$E^2 = p^2c^2 + M^2c^4$$

ಮತ್ತು $$E'^2 = p'^2c^2 + M^2c^4$$

ಇಲ್ಲಿ ಒಂದು ಚೌಕಟ್ಟಿನಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಚೌಕಟ್ಟಿಗೆ ನಾವು ಹೋದರೆ c ರೀತಿ ಒಂದೇ ಆಗಿ ಉಳಿಯುವ M ಒಟ್ಟು ನಿಶ್ಚಲ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವಾಗಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ

$$E^2 - p^2c^2 = M^2c^4 = E'^2 - p'^2c^2$$

$$E = E_1 + E_2 \text{ ಮತ್ತು } E^1 = E^1{}_1 + E^1{}_2$$

ಇಲ್ಲಿ E_1, E_2 ಮತ್ತು $E_1{}^1$, $E_2{}^1$ಗಳು ಎರಡು ಚೌಕಟ್ಟುಗಳಲ್ಲಿ ಕಣಗಳ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಗಳಾಗಿವೆ. ಹಾಗೆಯೇ $p = p_1$ ಮತ್ತು $p^1 = 0$. ಏಕೆಂದರೆ ಎರಡನೆ ಕಣವು ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯ ಚೌಕಟ್ಟಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಶೂನ್ಯ ಆವೇಗವನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ, ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕೇಂದ್ರ ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟು ಆವೇಗ ಶೂನ್ಯವಾಗಿದೆ. ಈಗ $E_1 = K_1 + m_1c^2$ ಮತ್ತು $E_2 = K_2 + m_2c^2$; ಹಾಗೆಯೇ $E_1{}^1 = K_1{}^1 + m_1c^2$ ಮತ್ತು $E_2{}^1 = K_2{}^1 + m_2c^2$, ಇಲ್ಲಿ K_1, K_2ಗಳು ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆ

ಚೌಕಟ್ಟಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಕಣಗಳ ಚಲನಶಕ್ತಿಗಳಾಗಿಯೂ ಹಾಗೆಯೇ $K_1{}^1$ ಮತ್ತು $K_2{}^1$ಗಳು ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕೇಂದ್ರ ಚೌಕಟ್ಟಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದವುಗಳಾಗಿಯೂ ಇವೆ. ಇಲ್ಲಿ $K_2=0$. ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕೇಂದ್ರ ಚೌಕಟ್ಟಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ $K^1=K_1{}^1+K_2{}^1=$ ಕಣಗಳ ಒಟ್ಟು ಚಲನಶಕ್ತಿಯಾಗಿರಲಿ. **ಹೊಸ ಕಣಗಳ ಉತ್ಪತ್ತಿಗೆ ಲಭ್ಯವಾಗುವುದೇ ಈ ಶಕ್ತಿ.** ದ್ರವ್ಯಾಂಶಕೇಂದ್ರದ ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ನಿಶ್ಚಲಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಹೊಸ ಕಣವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡಲು ಬೇಕಾದ ಪತನಕಣದ ಕನಿಷ್ಠ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಆ ಕ್ರಿಯೆಯ ಹೊಸಲುಶಕ್ತಿ (Threshold energy)ಯೆಂದು ಕರೆಯುವರು.

$$X+Y\rightarrow X^1+Y^1+a+Q$$

ಈ ಕ್ರಿಯೆಯ Q ಮೌಲ್ಯವನ್ನು

$$\begin{aligned}Q&=[(m_x+m_y)-(m_x{}^1+m_y{}^1+m_a)]c^2\\&=[(m_1+m_2)-(m_x{}'+m_y{}'+m_a)]c^2\end{aligned}$$

ಎಂಬುದಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸಿದೆ. ಇಲ್ಲಿ $m_x=m_1$ ಮತ್ತು $m_y=m_2$ ಆಗಿವೆ. ಜೊತೆಗೆ $m_x{}'$ $m_y{}'$ ಮತ್ತು m_aಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ x^1, y^1 ಮತ್ತು aಗಳ ನಿಶ್ಚಲ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳಾಗಿವೆ. ಹೊಸಕಣಗಳು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಅಂತಹ ಎಲ್ಲಾ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲೂ Q ಋಣಾತ್ಮಕವಾಗಿದೆ. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ಉಂಟಾಗಲು

$$K^1=|Q|$$

ಮೇಲೆ ಚರ್ಚಿಸಿದ ರೀತಿ $E^2-p^2c^2=E'^2-p'^2c^2$ ಸಂಬಂಧದಲ್ಲಿ E, E^1 ಮತ್ತು p^1ಗಳಿಗೆ ವರ್ಗಾವಣೆ ಮಾಡುತ್ತಾ

$$(K_1+m_1c^2+m_2c^2)^2-(E_1{}^2-m_1{}^2c^4)=(K^1+m_1c^2+m_2c^2)^2$$

ಅಥವಾ

$$(K_1+m_1c^2+m_2c^2)^2-(K_1+m_1c^2)^2-m_1{}^2c^4=(K^1+m_1c^2+m_2c^2)^2$$

ಎಂಬುದನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಪದಗಳ ಸ್ಥಾನ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳಿಸುತ್ತಾ ಮತ್ತು ಸರಳೀಕರಿಸುತ್ತಾ

$$K_1=\frac{K^1(\frac{K^1}{2}+m_1c^2+m_2c^2)^*}{m_2c^2}$$

ಎಂಬುದನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

---

* $Q<<m_2c^2$ ಆದಾಗ, ಈ ಸಮೀಕರಣ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಕ ಸಮೀಕರಣ $K=K^1\left(\frac{m_1+m_2}{m_2}\right)$ ಆಗುವುದು

$K^1 = |Q|$ ಎಂದು ನಾವು ಹಾಕಿದರೆ ಆಗ K_1ನ ಮೌಲ್ಯವು 'a' ಕಣದ ಉತ್ಪನ್ನಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಹೊಸಲು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನೀಡುವುದು.

ಈ ಕೆಳಕಂಡ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ನಾವು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ :

(a) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು–ಪಾಸಿಟ್ರಾನು ಜೋಡಿ ಉತ್ಪತ್ತಿ ;

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು–ಪಾಸಿಟ್ರಾನು ಜೋಡಿಯೊಂದನ್ನು

(i) ಗ್ಯಾಮ + ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯ $\longrightarrow$ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯ $+ e^+ + e^-$

(ii) ಗ್ಯಾಮ $+ e^- \longrightarrow e^- + e^+ + e^-$

(iii) $e^- + e^- \longrightarrow e^- + e^- + e^+ + e^-$

ಗಳಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡಬಹುದು. ಈ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಹೊಸಲು ಶಕ್ತಿಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ $2m_ec^2$, $4m_ec^2$ ಮತ್ತು $6m_ec^2$ ಎಂಬುದನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಸಾಧಿಸಬಹುದು. ಇಲ್ಲಿ m_e ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ನಿಶ್ಚಲ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವಾಗಿದೆ.

(b) ಪ್ರೋಟಾನು–ಅವಪ್ರೋಟಾನು ಜೋಡಿ ;

ಒಂದು $P + \overline{P}$ ಜೋಡಿಯನ್ನು

(iv) $P + P \rightarrow P + P + \overline{P} + P$

ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡಬಹುದು. ಇಲ್ಲಿಯೂ ಸಹ ಹೊಸಿಲು ಶಕ್ತಿಯು $6m_pc^2$ ಆಗಿದೆ. m_p ಯು ಪ್ರೋಟಾನಿನ ನಿಶ್ಚಲ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವಾಗಿದೆ. (iii) ಮತ್ತು (iv) ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ (Q) ಯು ಕ್ರಮವಾಗಿ $2m_ec^2$ ಮತ್ತು $2m_pc^2$ ಆದಾಗ್ಯೂ ಪತನ ಕಣದ ಕನಿಷ್ಠ ಶಕ್ತಿಯು $6m_ec^2$ ಮತ್ತು $6m_pc^2$ ಆಗಿರಬೇಕೆಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಕಾಣುವೆವು ; $\frac{2}{3}$ ಭಾಗ ಶಕ್ತಿಯು ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಕೇಂದ್ರದ ಚಲನೆಗೇ ಹೋಗುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಇದು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಈ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನು ದೃಢೀಕರಿಸುವುವು. ಇದರಿಂದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಕೇಂದ್ರ ಚೌಕಟ್ಟಿನ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯ ಸತ್ಯವನ್ನು ಎತ್ತಿ ತೋರಿಸಿದಂತಾಯಿತು.

(c) ಮೆಸಾನುಗಳ ಮತ್ತು ಹೈಪರಾನುಗಳ ಉತ್ಪತ್ತಿ :

ಕೆಳಗೆ ಕೆಲವು ಮೂಲಕಣಗಳ ಉತ್ಪನ್ನ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಕೊಟ್ಟಿದೆ:

(v) $P + P \longrightarrow n + P + \pi^+$ (~ 296 Mev)

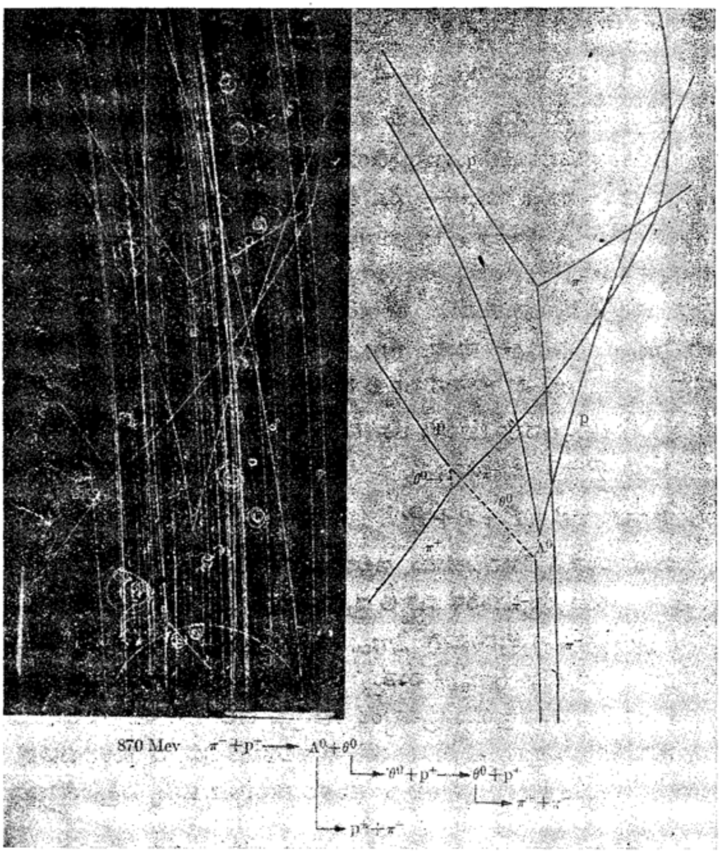
(vi) $P + P \longrightarrow d + \pi^+$ ($\simeq 290$ Mev)

(vii) $P + P \longrightarrow P + P + \pi^\circ$ (~ 290 Mev)

(viii) $\pi^- + P \longrightarrow \Lambda^\circ + K^\circ$ (~ 0.75 Bev)

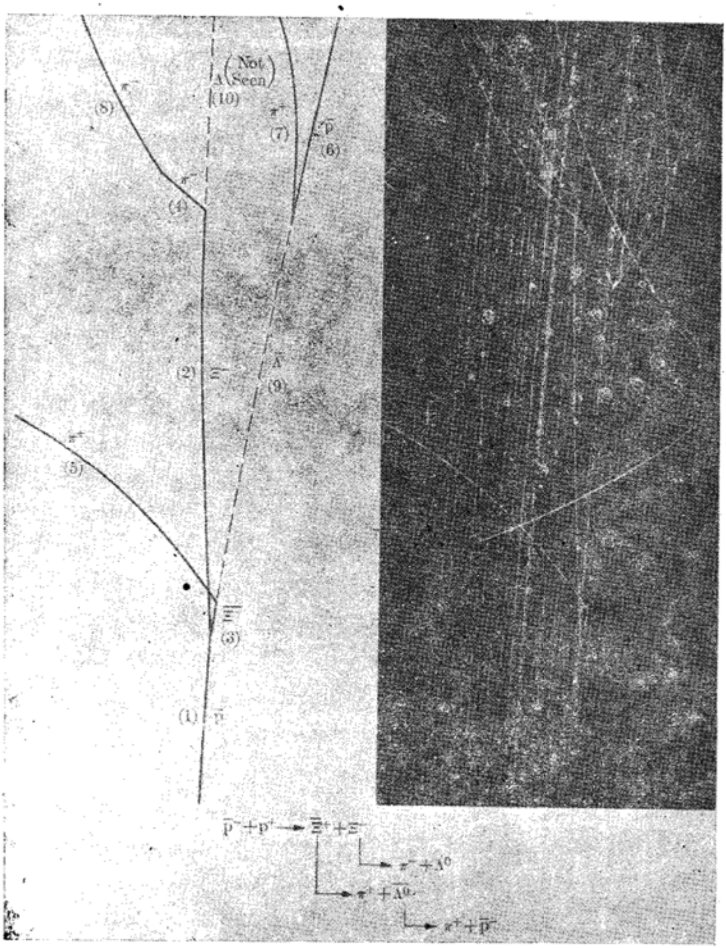
(ix) $\pi^- + P \longrightarrow \Sigma^- + K^+$ ($\simeq 0.89$ Bev)

(x) $\pi^- + P \longrightarrow n + K^- + K^+$ ($\simeq 1.36$ Bev



ಜಲಜನಕ ಗುಳ್ಳೆ ಮಂದಿರದಲ್ಲಿ ಪ್ರೋಟಾನಿನೊಂದಿಗೆ ಸಂಭವಿಸಿದ K°ನ ಡಿಕ್ಕಿ.

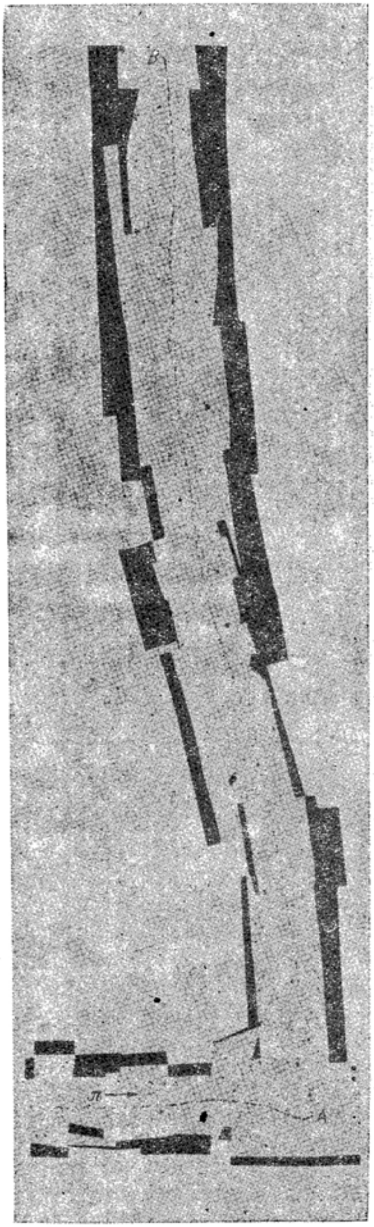
ಇಲ್ಲಿ π^+, π^-, K^+, K^-, K°, Λ°, Σ^-, d ಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಧನ ಪಯಾನು ಋಣ-ಪಯಾನು, ಧನ, ಋಣ ಮತ್ತು ತಟಸ್ಥ-ಕೆಯಾನುಗಳು, Λ°-ಹೈಪರಾನು Σ^- ಹೈಪರಾನು ಮತ್ತು ಡ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳಾಗಿವೆ. ಅವಶ್ಯಕವಾದ ಹೊಸಿಲು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಆವರಣ ಚಿಹ್ನೆಗಳೊಳಗೆ ಸೂಚಿಸಲಾಗಿದೆ; ಇವನ್ನು ಮೇಲೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಉಕ್ತಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಸಾಧಿಸಬಹುದು.



ಜಲಜನಕ ಗುಳ್ಳೆ ಮಂದಿರದಲ್ಲಿ ಬೇರಿಯಾನುಗಳ ಜೋಡಿ ಸೃಷ್ಟಿ ಮತ್ತು ಲಯ.

(d) ಜೋಡಿ ಲಯ:

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು-ಪಾಸಿಟ್ರಾನು ಲಯವು ಎರಡು ಅಥವಾ ಮೂರು ಗ್ಯಾಮ ಫೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಕೊಡುವುದು. ಆದರೆ ಪ್ರೋಟಾನು-ವಿರೋಧಿ ಪ್ರೋಟಾನು ಅಥವಾ ನ್ಯೂಟ್ರಾನು-ವಿರೋಧಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಜೋಡಿಯ ಲಯದಿಂದ ಪಯಾನು



ಧನ π— ಮೆಸಾನಿನ ಶಿಥಿಲ (ಛಾಯಾ ಫಲತದಲ್ಲಿ ಪಡೆದ ಚಿತ್ರ).

ಗಳುಂಟಾಗುವವು. (i) ರಿಂದ (×) ರ ವರೆಗಿನ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಹಾಗೂ ಕಣ-ಅವಕಣಗಳ ಜೋಡಿಲಯಗಳನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ವೀಕ್ಷಿಸಿರುವುದರಿಂದ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ-ಶಕ್ತಿ ಸಮಾನತೆಗೆ ($E=mc^2$) ಬಹು ಸುಂದರವಾದ ದೃಢೀಕರಣ ದೊರೆತಂತಾಗಿದೆ.

(e). ಮೂಲಕಣಗಳು ಶಿಥಿಲಗೊಳ್ಳುವುದು :

ನಾವೀಗ ಕೆಲವು ಕಣಗಳ ಶಿಥಿಲಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ :

(xi) ಧನ ಪಯಾನಿನ ಶಿಥಿಲ ; $\pi^+ \longrightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ (ಹಿಂದಿನ ಪುಟದಲ್ಲಿರುವ ಚಿತ್ರ ನೋಡಿ)

μ^+ ಎಂಬುದು ಧನ ಮ್ಯುಯಾನು ಮತ್ತು ν_μ ಎಂಬುದು ಮ್ಯುಯಾನು-ನ್ಯೂಟ್ರಿನೋ. ಇದರ ನಿಶ್ಚಲ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಬಹು ಅಲ್ಪ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳದೆ ಬಿಡಬಹುದು.

(xii) ತಟಸ್ಥ-ಪಯಾನಿನ ಶಿಥಿಲ :

$$\pi^\circ \longrightarrow \gamma + \gamma$$

(xiii) ತಟಸ್ಥ ಕೆಯಾನಿನ ಶಿಥಿಲ

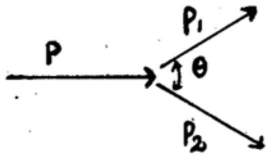
$$K^\circ \longrightarrow \pi^+ + \pi^-$$

(xiv) Λ° ಹೈಪರಾನಿನ ಶಿಥಿಲ

$$\Lambda^\circ \longrightarrow p + \pi^-$$

ಪಿತೃಕಣದ ಶಿಥಿಲವು ಚಲನೆಯಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಅಥವಾ ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಉಂಟಾಗಬಹುದು (xi) ನೆ ಕ್ರಿಯೆಯ ಸಂಧರ್ಭದಲ್ಲಿ ಪಿತೃಕಣ ಮತ್ತು ಶಿಥಿಲದಿಂದುಂಟಾದ ಕಣವೊಂದು ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಗುಳ್ಳೆಮಂದಿರ ಅಥವಾ ಮೇಘಮಂದಿರ ಅಥವಾ ಛಾಯಚಿತ್ರ ಫಲಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳು ಪಥವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುವು. ಹಾಗೆಯೇ (xiii) ಮತ್ತು (xiv) ಗಳಲ್ಲಿ ಶಿಥಿಲದಿಂದುಟಾದ ಕಣಗಳೆರಡೂ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಪಡೆದಿರುವುದರಿಂದ ಈ ಪತ್ತೆಹಚ್ಚುವ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳು ಪಥಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುವು. ಆದರೆ (xii) ರಲ್ಲಿ ಪಿತೃಕಣವಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಶಿಥಿಲ ಉತ್ಪತ್ತಿಗಳಾಗಲಿ ಪಥಗಳನ್ನುಂಟು ಮಾಡುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು π° ಕಣವು ಸುಮಾರು 10^{-15} ಸೆಕೆಂಡಿನಷ್ಟು ಅಲ್ಪಕಾಲ ಜೀವಿಸಿರುವುದು. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲೂ ಕೂಡ ಕಣದ ಶಿಥಿಲದ ವರ್ಣನಾತ್ಮಕ ಚಲನವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವುದರಿಂದ ಪಿತೃಕಣದ ನಿಶ್ಚಲ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಲೆಕ್ಕಾಚಾರ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯ. ಇದು ಹೇಗೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಈಗ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿ ವಿಚಾರಮಾಡೋಣ.

ಪಿತೃಕಣದ ಆವೇಗವು ಅದು ಶಿಥಿಲಗೊಳ್ಳುವಾಗ P ಆಗಿರಲಿ ಮತ್ತು ಶಿಥಿಲ ಉತ್ಪತ್ತಿಗಳ ಆವೇಗಗಳು P_1 ಮತ್ತು P_2 ಆಗಿರಲಿ. ಅವುಗಳ ಸ್ಫುರಣನೇರಗಳು ಪರಸ್ಪರ θ ಕೋನವನ್ನುಂಟುಮಾಡಿರಲಿ. (ಮುಂದಿನ ಪುಟದಲ್ಲಿರುವ ಚಿತ್ರನೋಡಿ).



ಚಿತ್ರ. 6 ಪಿತೃಕಣ ಶಿಥಿಲಗೊಂಡು ಎರಡು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕಣಗಳು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವುದು.

ಆಗ $P^2 = P_1{}^2 + P_2{}^2 + 2P_1P_2 \cos\theta$

ಈಗ M ಮತ್ತು E ಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಪಿತೃವಿನ ನಿಶ್ಚಲ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಮತ್ತು ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು m_1, m_2 E_1 ಮತ್ತು E_2 ಗಳು ಶಿಥಿಲ ಉತ್ಪತ್ತಿಗಳ ನಿಶ್ಚಲ ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳೂ ಮತ್ತು ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಗಳೂ ಆಗಿದ್ದರೆ ಆಗ

$$\begin{aligned} M^2c^4 &= E^2 - P^2c^2 \\ &= (E_1+E_2)^2 - c^2\,(P_1{}^2+P_2{}^2+2P_1P_2\cos\theta) \\ &= E_1{}^2+E_2{}^2+2E_1E_2 - c^2\,(P_1{}^2+P_2{}^2+ \\ &\qquad\qquad 2P_1P_2\cos\theta) \\ &= m_1c^4+m_2{}^2c^4+P_1{}^2c^2+P_2{}^2c^2+2E_1E_2 \\ &\qquad\qquad -c^2(P_1{}^2+P_2{}^2+2P_1P_2\cos\theta) \\ M^2c^4 &= m_1{}^2c^4+m_2{}^2c^4+2\,(E_1E_2-c^2P_1P_2\cos\theta) \end{aligned}$$

(xiii), (xiv) ಗಳಲ್ಲಿ E_1, E_2, P_1, P_2 ಮತ್ತು θ ಗಳನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಪಿತೃಕಣದ ನಿಶ್ಚಲ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ M ಅನ್ನು ಲೆಕ್ಕಾಚಾರ ಮಾಡಬಹುದು. (xi) ರ ಉತ್ಪನ್ನಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮಾತ್ರ ಪಥವನ್ನುಂಟು ಮಾಡುವುದಾದರೆ ಮತ್ತು ಶಿಥಿಲವು ನಿಶ್ಚಲದಲ್ಲುಂಟಾಗಿದ್ದರೆ ಆಗ μ^+ ನ ಆವೇಗ P_μ ಯು $\gamma\mu$ ನ ಆವೇಗ $P_{\mu\gamma}$ ಗೆ ಸಮ ಮತ್ತು ವಿರುದ್ಧವಾಗಿದೆ ಮತ್ತು P_μ, E_μ ಅಳತೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುವುದರಿಂದ $P_{\mu\gamma}$ ಮತ್ತು ಅದರಿಂದ $E_{\mu\gamma}$ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರ ಮಾಡಬಹುದು. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ $\theta = 180°$ ಎಂಬುದನ್ನು ಜ್ಞಾಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಾ π^+ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಲೆಕ್ಕಾಚಾರ ಮಾಡಬಹುದು. ಆದರೆ (xii) ನೆ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನಗಳು ಗ್ಯಾಮ ಫೋಟಾನುಗಳು, ಅವುಗಳ ನಿಶ್ಚಲದ್ರವ್ಯಾಂಶ $m_1 = m_2 = 0$, $E_1 = P_1c = h\nu_1$ ಮತ್ತು $E_2 = P_2c = h\nu_2$ ಆದ್ದರಿಂದ

$$M^2_{\pi^\circ}c^4 = 2\,h^2\,\nu_1\,\nu_2\,(1-\cos\theta)$$

NaI (Tl) ಸ್ಫುರಣ ದೀಪ್ತಿರೋಹಿತ ಮಾಪಕವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಹೊರ ಹೊಮ್ಮುವ ಗ್ಯಾಮ ಫೋಟಾನುಗಳ ಕಂಪನಾಂಕ ಅಥವಾ ಶಕ್ತಿಯ ವಿತರಣೆಯನ್ನು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಈ ಹಂಚಿಕೆಯಿಂದ ಕನಿಷ್ಠ ಮತ್ತು ಗರಿಷ್ಠ ಮೌಲ್ಯಗಳಾದ $\nu_{\min}$ ಮತ್ತು $\nu_{\min}$ ಕಂಪನಾಂಕಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯು

ಬಹುದು. ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಪಯಾನಿನ ಚೌಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಮುನ್ನೇರದಲ್ಲಿ ಹೊರಹೊಮ್ಮಿದ ಫೋಟಾನಿಗೆ ν_{max} ಮತ್ತು ಹಿನ್ನೇರದಲ್ಲಿ ಎಸೆಯಲ್ಪಟ್ಟ ಫೋಟಾನಿಗೆ ν_{min} ಮತ್ತು ಇವುಗಳ ಮಧ್ಯೆ $\theta = 180°$.
ಆದ್ದರಿಂದ

$$M_{\pi°}\, c^2 = 2h\, \sqrt{\nu_{min}\nu_{man}}$$

ಇದು ಅಂತಹ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲೂ ಶಿಥಿಲತೆಯ ವರ್ಣನಾತ್ಮಕ ವಿಜ್ಞಾನದ ಅಧ್ಯಯನ ದಿಂದ ನಿಶ್ಚಲ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಹೇಗೆ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದೆಂಬುದನ್ನು ವಿಷದವಾಗಿ ಸೂಚಿಸುವುದು.

ಫೋಟಾನಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ

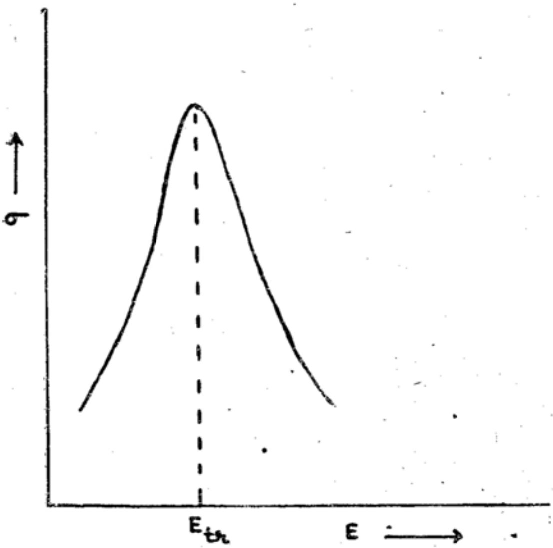
ನಿರ್ವಾತದಲ್ಲಿ ಫೋಟಾನು ಯಾವಾಗಲೂ ಜವ c ಯಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಫೋಟಾನಿನ ನಿಶ್ಚಲಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ನಾವು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುವಂತಿಲ್ಲ. ಫೋಟಾನಿನ ನಿಶ್ಚಲ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ $m_{\circ}$ ಸೊನ್ನೆಯಾಗಿದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ-ಶಕ್ತಿ ಸಮಾನತ್ವದ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ $m = \left(\frac{h\gamma}{c^2}\right)$ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರಬಹುದು. ನಾವೀಗ ಆರ್. ವಿ. ಪೌಂಡ್ ಮತ್ತು ಜಿ. ಎ. ರೆಬ್ಕಾ ಅವರು 1960ರಲ್ಲಿ ಫೋಟಾನಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಿದ ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ವಿವರಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಪ್ರಯೋಗದ ಮುಖ್ಯ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ತಿಳಿಸುವ ಮುನ್ನ, ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿ ಗ್ಯಾಮ ಕಿರಣಗಳ ಅನುರಣನ ಚದುರುವಿಕೆಯನ್ನು ತಿಳಿಯೋಣ. ಅನಿಶ್ಚತ್ವ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಶ್ಚಿತತೆ $\triangle E$ ಮತ್ತು ಉದ್ರಿಕ್ತಸ್ಥಿತಿಯ ಜೀವಿತಕಾಲದಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಶ್ಚಿತತೆ $\triangle t$ಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧವು $\triangle E \triangle t = \frac{h}{2\pi}$ ಇದೆ. ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ಶಕ್ತಿಮಟ್ಟದ ಅಗಲವು ಉದ್ರಿಕ್ತಸ್ಥಿತಿ ಯೊಂದಿಗೆ ಒಡಗೂಡಿರುವುದರಿಂದ, ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಶ್ಚಿತತೆ ಸುಮಾರಾಗಿ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಶ್ಚಿತತೆಗೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ ($\Gamma = \triangle E$). ಇದರಿಂದ ತಿಳಿಯ ಬಹುದಾದ ಅಂಶವೆಂದರೆ ಗ್ಯಾಮ ಫೋಟಾನುಗಳು (ಪರಮಾಣುವಿನ ಪರಿವರ್ತನೆ ಗಳಿಂದ ಬರುವ ಫೋಟಾನುಗಳಿಗೂ ಸಹ) ಯಾವುದೇ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬುದು : ನಾವು ಈ ಶಕ್ತಿಯ ಹರವನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಿದ್ದೇ ಆದರೆ ಉದ್ರಿಕ್ತಸ್ಥಿತಿಯ ಸರಾಸರಿ ಜೀವಿತದ ಅವಧಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು.

$\frac{h}{2\pi} = 6.59 \times 10^{-16}$ eV-ಸೆಕೆಂಡ್ ಮತ್ತು ಸರಾಸರಿ ಜೀವಿತಕಾಲ 10^{-12} ಸೆ. ಆಗಿರುವುದರಿಂದ $\Gamma = 6.59 \times 10^{-16}/10^{-12} = 6.59 \times 10^{-4}$

eV ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಇದು ಇಂದಿನ ಗ್ಯಾಮ ಫೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚುವ ಉಪಕರಣಗಳ ಶಕ್ತಿಪೃತಕ್ಕರಣಕ್ಕಿಂತ ಬಹು ಕಡಿಮೆಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿದೆ. ಆದರೆ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯವನ್ನೇ ಇದನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ.

ಉದ್ರಿಕ್ತಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ M ದ್ರವ್ಯಾಂಶಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯದಿಂದ $E\gamma = h\nu$ ಶಕ್ತಿಯ ಒಂದು ಗ್ಯಾಮಕಿರಣ ಹೊರಬಿದ್ದಾಗ, ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯವು $E_n = \frac{1}{2} MV^2 = \frac{1}{2} \frac{E\gamma^2}{Mc^2}$ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಹಿನ್ನೆಗೆಯುತ್ತದೆ. ಹೊರಹೊಮ್ಮಿದ ಗ್ಯಾಮ ಫೋಟಾನು ಮತ್ತು ಹಿಮ್ಮೆಟ್ಟಿದ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯದ ನಡುವಿನ ರೇಖಾ ಆವೇಗದ ನಿತ್ಯತ್ವವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡಾಗ ನಮಗೆ $MV = E\gamma/c$ ಅಥವಾ $MV = h\nu/c$ ಬರುವುದು. ಇಲ್ಲಿ V ಹಿಮ್ಮೆಟ್ಟುವ ವೇಗ ಮತ್ತು ಗಮನಿಸಬೇಕಾದದ್ದು $E\gamma$, E_{tr}ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಇದೆಯೆಂಬುದನ್ನು: E_{tr} ಪರಿವರ್ತನೆಯಶಕ್ತಿ, ಅಂದರೆ ಬದಲಾವಣೆಯಲ್ಲಿ ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಎರಡು ಮಟ್ಟಗಳ ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಆದ್ದರಿಂದ $E\gamma = E_{tr} — E_n = E_{tr} — \frac{1}{2}\frac{E\gamma^2}{Mc^2} \simeq E_{tr} — \frac{1}{2} \frac{E^2_{tr}}{Mc^2}$; ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಹೊರ ಹೊಮ್ಮಿದ ಗ್ಯಾಮ ಫೋಟಾನಿನಶಕ್ತಿ, ಪರಿವರ್ತನಾಶಕ್ತಿಗಿಂತ $\frac{1}{2} \frac{E^2_{tr}}{Mc^2}$ನಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಯಿದೆ. ಇದೇ ರೀತಿ ಒಂದು ಫೋಟಾನು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯದಿಂದ ಅನುರಣನ ಚದುರಿಕೆ ಹೊಂದಿದಾಗ, ಹಿಮ್ಮೆಟ್ಟುವಿಕೆಯಿಂದಾಗಿ ಅದರ ಶಕ್ತಿ ಪರಿವರ್ತನಾಶಕ್ತಿಗಿಂತ $\frac{E_{tr}^2}{Mc^2}$ನಷ್ಟು ಜಾಸ್ತಿಯಿರಬೇಕು. ಉದ್ರಿಕ್ತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ${}^{A}_{Z}\times$ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯದಿಂದ ಹೊರಬಂದಂತಹ ಗ್ಯಾಮ ಕಿರಣಗಳು ಭೂಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಅದೇ ರೀತಿಯ ${}^{A}_{Z}\times$ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯದಿಂದ ಚದುರುವುದನ್ನು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಿದಾಗ ತಿಳಿಯುವ ಅಂಶ ವೇನಂದರೆ, ತಾಗುವ ಗ್ಯಾಮ ಕಿರಣದ ಶಕ್ತಿ ಪರಿವರ್ತನಾಶಕ್ತಿಗೆ ಸಮನಾಗಿ ದ್ದಲ್ಲಿ ಅನುರಣನ ಚದುರುವಿಕೆಯ ಸಾಧ್ಯತೆಯಿದೆ ಎಂಬುದು. ಇಂತಹ ಒಂದು ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಕೊಯಿತದ (cross section) ವಿರುದ್ಧ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಗುರುತಿಸುವ ರೇಖಾಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಶೃಂಗವೊಂದನ್ನು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ (ಚಿತ್ರ 7). ಆದರೆ ಇದನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಲಾಗಿಲ್ಲ. ಕಾರಣ, ಶಕ್ತಿಯು ಅಗತ್ಯವಾಗಿ ಬೇಕಾದ ಶಕ್ತಿ $\frac{E\gamma^2}{Mc^2}$ ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಿರುವುದರಿಂದ. ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆ $A = 100$ ಇರುವ ಒಂದು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಇದು 0.5 MeV ಶಕ್ತಿಯ ಗ್ಯಾಮ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಹೊರಚಿಮ್ಮುತ್ತದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿಕೊಳ್ಳೋಣ. ಆಗ $\frac{E\gamma^2}{Mc^2} = (0{\cdot}5)^2/100 \times 931 = 2.69 \times 10^{-6}\, MeV = 2.69 eV$. ಇಲ್ಲಿ $1\ amu = 931\ MeV$ ಎಂದು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಮೌಲ್ಯ (2.69 eV) ಉದ್ರಿಕ್ತ



ಚಿತ್ರ 7. ಕ್ಷೋಯಿತ (σ) ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ (E)ಗಳ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ರೇಖಾಚಿತ್ರ

ಸ್ಥಿತಿಯ ನೈಜ ಅಗಲ ($\Gamma = 6{\cdot}59 \times 10^{-4}\, eV$) ಕ್ಕಿಂತ ಬಹುಪಾಲು ಜಾಸ್ತಿಯಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಹೊರಬಂದ ಯಾವ ಗ್ಯಾಮ ಫೋಟಾನುಗಳೂ ಒಂದೇ ರೀತಿ ಇರುವ ಬೇರೆ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯದಿಂದ ಹೀರಿಕೊಳ್ಳಲ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲ. ಪರಮಾಣು ವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿ ಮಟ್ಟಗಳ ನೈಜ ಅಗಲ ಯಾವಾಗಲೂ ಈ ಹಿನ್ನೆಗೆತದ ವಿಸ್ತೀರ್ಣಕ್ಕಿಂತ ಜಾಸ್ತಿಯಿರುವ ಪ್ರಯುಕ್ತ ಅನುರಣನ ಹೀರುವಿಕೆಯು ಖಚಿತವಾಗಿ ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

1929 ರಲ್ಲಿ ಕುಹ್ನ್ ಎಂಬುವನು ಗ್ಯಾಮಕಿರಣಗಳ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯ ಅನುರಣನ ಚದುರುವಿಕೆಯನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಲು ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯತ್ನ ಸಫಲವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಕಾರಣ ಗ್ಯಾಮ ಫೋಟಾನನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುವಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಹಿಮ್ಮೆಟ್ಟುವಿಕೆಯಿಂದ ಆದ ನಷ್ಟವನ್ನು ತುಂಬಲು ಗ್ಯಾಮ ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಅಧಿಕಶಕ್ತಿಯನ್ನೊದಗಿಸಬೇಕೆಂಬ ಅಂಶವನ್ನು ಆತ ಗಮನಿಸಿರಲಿಲ್ಲ. 1951 ರಲ್ಲಿ ಮೂನ್ ಎಂಬಾತ ಆಕರವನ್ನು ಚದುರಿಸುವ ವಸ್ತುವಿನ ಕಡೆಗೆ ಚಲಿಸಿದರೆ ಅನುರಣನ ಚದುರುವಿಕೆಯನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದೆಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸಿದನು. ಹೊರಬಂದ ಗ್ಯಾಮಕಿರಣದ ಡಾಪ್ಲರನ ಪಲ್ಲಟವು $\frac{E_{tr}^2}{Mc^2}$ ಗೆ ಸಮನಾಗುವಂತೆ ಆಕರದ ವೇಗವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಬೇಕು. ಡಾಪ್ಲರನ ಕಂಪನ ಪಲ್ಲಟವು

$\triangle\nu=\nu\frac{v}{c}$; ಇಲ್ಲಿ ν ಹೊರಬಂದ ಗ್ಯಾಮದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ. ಆದ್ದರಿಂದ $h\nu\frac{v}{c}=\frac{E^2_{tr}}{Mc}$ ಅಥವಾ $E_{tr}\frac{v}{c}=E^2_{tr}/Mc^2$ ಏಕೆಂದರೆ $E_{tr}\simeq E\gamma=h\nu$

$$\text{ಆದ್ದರಿಂದ } v=E_{tr}/Mc$$

ಮೂನನು ^{198}Hg ನಿಂದ ಹೊರ ಹೊಮ್ಮಿದ 0.411 MeV ಗ್ಯಾಮಗಳ ಚದುರುವಿಕೆಯನ್ನು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಿದ. ಆಕರವೇಗವು

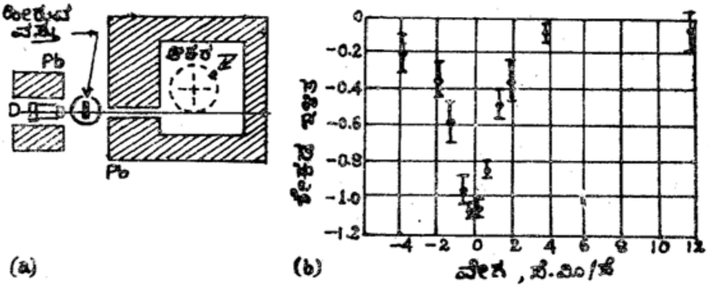
$$v=0.411\times3\times10^{10}/198\times931=6.6\times10^4$$

ಸೆ.ಮೀ/ಸೆ. ಆಗಿರಬೇಕು. ಈತನು ಕೇಂದ್ರಾಪಗಾಮಿ ಮೋಟರಿನ ತುದಿಯಲ್ಲಿ ಆಕರವನ್ನು ಇಡುವುದರ ಮೂಲಕ ವೇಗ 6×10^4 ಸೆ.ಮೀ/ಸೆ. ತನಕ ಪಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಈ 'ಕೇಂದ್ರಾಪಗಾಮಿ ವಿಧಾನ' ಈ ರೀತಿಯಅಧ್ಯಯನಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ವಿಧಾನವಾಗಿದೆ.

1958 ರಲ್ಲಿ ಮಾಸ್‌ಬಾಯರನು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯದ ಅನುರಣನ ಚದುರುವಿಕೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡುವಾಗ, ಚದುರಿದ ಗ್ಯಾಮ ಫೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕಿಂತ ತೂರಿ ಬಂದವುಗಳನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಿ ಇದನ್ನೊಂದು ಆಸಕ್ತಿಯುಕ್ತ ಶೋಧನೆಯನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿದನು. ಥರ್ಮಲ್ ಡಾಪ್ಲರನ ವಿಸ್ತರಣೆಯು ಅನುರಣನ ಚದುರುವಿಕೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದರಿಂದ ತಾಪಕಡಿಮೆಯಾದರೆ ಚದುರುವಿಕೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗಬಹುದೆಂದು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಈ ಹೋಲಿಕೆಯಿಂದ ಮಾಸಬಾಯರ್ ಕಂಡು ಹಿಡಿದದ್ದೇನೆಂದರೆ ಹೀರುವ ವಸ್ತುವಿನ ಮತ್ತು ಆಕರದ ತಾಪವನ್ನು ಸಾಕಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿದಾಗ ಅನುರಣನ ಚದುರುವಿಕೆ ಬಹಳ ಜಾಸ್ತಿಯಾಯಿತು ಮತ್ತು ತೂರಿಬರುವ ಗ್ಯಾಮದ ತೀವ್ರತೆ ಕಡಿಮೆಯಾಯಿತು. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ 1939 ರಲ್ಲಿ ಲ್ಯಾಂಬನು ತಾತ್ವಿಕವಾಗಿ ತೋರಿಸಿದ್ದ ಹಾಗೆ ಹೊರಚಿಮ್ಮುವ ಪರಮಾಣು ಸ್ಫಟಿಕದಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಹಿಮ್ಮೆಟ್ಟುವಿಕೆಯ ಆವೇಗ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಪೂರ್ಣ ಜಾಳಂದರದಜೊತೆಗೆ ಬಹುತೇಕ ಜಾಳಂದರ ಸ್ಪಂದನಗಳಿಗೆ ಹೋಗುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯಿರುವುದು. ಕೊನೆಯದರಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಬಹಳ ಜಾಸ್ತಿಯಿರುವ ಪ್ರಯುಕ್ತ ಹಿಮ್ಮೆಟ್ಟುವಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಂತಹ ಶಕ್ತಿ ತುಂಬಾ ಕಡಿಮೆಯಿರುತ್ತದೆ ($E_n=E_{tr}^2/Mc^2\longrightarrow0$: ದ್ರವ್ಯಾಂಶ M ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಿದ್ದಾಗ). ಆದ್ದರಿಂದ ಗ್ಯಾಮ ಫೋಟಾನು ಪೂರ್ತಿ ಪರಿವರ್ತನ ಶಕ್ತಿಯೊಂದಿಗೆ ಹೊರಬರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿ ಹೀರುವ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯ ಸ್ಫಟಿಕದ ಒಂದು ಭಾಗವಾಗಿದ್ದರೆ, ಆಗಲೂ ಹಿಮ್ಮೆಟ್ಟುವಿಕೆಯ ಶಕ್ತಿ ತುಂಬಾ ಕಡಿಮೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಮಾಸ್‌ಬಾಯರನು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಅನುರಣನ ಚದುರುವಿಕೆಯನ್ನು 'ಕೇಂದ್ರಾಪಗಾಮಿ ವಿಧಾನದಿಂದ'

ತೋರಿಸಿದನು. ಇಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಗಳ ಕಡೆಗೆ ಅಥವಾ ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಗಳ ಕಡೆಗೆ ಡಾಪ್ಲರನ ಪಲ್ಲಟವಾದಾಗ ಅನುರಣನ ಚದುರುವಿಕೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರ 8 (a) ನಲ್ಲಿ ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ. ಚಿತ್ರ 8 (b) ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ಫಲಿತಾಂಶ ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.



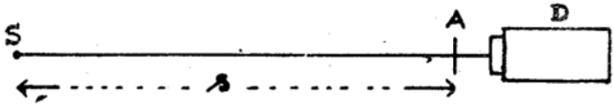
(ಚಿತ್ರ 8)

ನಾವೀಗ ಪೌಂಡ್ ಮತ್ತು ರೆಬ್ಕಾರವರು ಹೇಗೆ ಫೋಟಾನಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದರೆಂಬುದನ್ನೂ ಸ್ವಲ್ಪ ವಿಷದವಾಗಿ ತಿಳಿಯೋಣ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಭೂಲಂಭವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಕಣವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಇದರ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ m ಆಗಿರಲಿ. ಇದು ಭೂಮಿಯ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಗೆ ಒಳಪಟ್ಟಿದೆ. ಈ ಕಣ s ಎತ್ತರದಿಂದ ಕೆಳಗೆ ಬಿದ್ದಾಗ ಇದರ ಚಲನಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಾದ ಬದಲಾವಣೆ $\triangle E = mgs.$ ಇಲ್ಲಿ g ಗುರುತ್ವವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ. ಈ ವಸ್ತುಕಣ ಫೋಟಾನು ಕಣವಾಗಿದ್ದರೆ ಇದರ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ $m = E/c^2 = h\nu$ ಮತ್ತು $\triangle E = \frac{E}{c^2}\ gs$ ಅಥವಾ $\frac{\triangle E}{E} = gs/c^2$; $s = 10$ ಮೀಟರ್ ಮತ್ತು $g = 980$ ಸೆ.ಮಿ./ಸೆ^{2} ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ $\frac{\triangle E}{E} = 980 \times 10^3/9 \times 10^{20} = 10^{-15}$. ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಾದ ಈ ಬದಲಾವಣೆ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ, ಅಂದರೆ 10^{15}ರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟು. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಇದನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಅದೃಷ್ಟವೆಂಬಂತೆ

$E = h\nu$ ಮತ್ತು $\triangle E = h\triangle\nu$ ಆದ್ದರಿಂದ $\frac{\triangle E}{E} = \frac{\triangle\nu}{\nu} = 10^{-15}$;

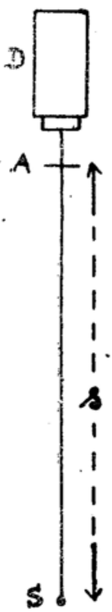
ಇಂದಿನ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ ಉಪಕರಣಗಳು ಕಂಪನಾಂಕದಲ್ಲಿರುವ ಈ ಅತ್ಯಲ್ಪ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನೂ ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಬಹುದಾಗಿವೆ.

ಈಗ, ಒಂದು ಮಾಸ್‌ಬಾಯರನ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಚಿತ್ರ 9(a)ನಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಜೋಡಿಸಿದೆ ಎಂದಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ.



ಚಿತ್ರ 9. (a) S=ಆಕರ A=ಚದುರಿಸುವ ವಸ್ತು D=ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವ ಸಾಧನ

ಚಿತ್ರ 9 (a)ನಲ್ಲಿ, ಗ್ಯಾಮ ಫೋಟಾನುಗಳು ಸಮತಲವಾಗಿ ಚಲಿಸಿ, ಚದುರಿಸುವ ವಸ್ತುವನ್ನು ಬಡಿಯುತ್ತವೆ. ಆಕರವು ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಅಧಿಕತಮ ಕಿರಣಗಳು ಚದುರುತ್ತವೆ. ಆದ್ಧರಿಂದ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಕಿರಣಗಳು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಆಕರವು ಚದುರಿಸುವ ವಸ್ತುವಿನೆಡೆಗೇ ಚಲಿಸಿತಾದರೆ, ಕಂಪನಾಂಕದಲ್ಲಿ 'ನೀಲಿಪಲ್ಲಟ' (blue shift) ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಕಿರಣಗಳು ಚದುರಿ ಅಧಿಕ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಈಗ ಚಿತ್ರ (b)ನಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಪ್ರಯೋಗ ವ್ಯವಸ್ಥೆಮಾಡಿದೆ ಎಂದು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳೋಣ. ಇಲ್ಲಿ ಗ್ಯಾಮ ಫೋಟಾನುಗಳು ಭೂಲಂಬವಾಗಿ ಚಲಿಸಿ ಚದುರಿಸುವ ವಸ್ತು A ಅನ್ನು ಬಡಿಯುತ್ತವೆ. ಆಕರವು ನಿಶ್ಚಲಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದೆಯೆಂದು ನಾವೀಗ ಭಾವಿಸೋಣ. ಗ್ಯಾಮ ಫೋಟಾನುಗಳು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ವಿರುದ್ಧ ಕೆಲಸಮಾಡಬೇಕಾಗಿರುವ ಪ್ರಯುಕ್ತ ಇಲ್ಲಿ 'ಕೆಂಪು ಪಲ್ಲಟ'ವಿರುತ್ತದೆ, ಮತ್ತು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಕಿರಣಗಳು ಚದುರಿದ್ದು ಅಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಕಿರಣಗಳು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಆಗ ಆಕರವನ್ನು ಚದುರಿಸುವ ವಸ್ತುವಿನೆಡೆಗೆ 'ನೀಲಿಪಲ್ಲಟ' ಉಂಟಾಗುವವರೆಗೆ ಚಲಿಸಬೇಕು. ಇದರಿಂದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಉಂಟಾದ 'ಕೆಂಪುಪಲ್ಲಟ'ವನ್ನು ಸರಿದೂಗಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗವನ್ನೇ 1960ರಲ್ಲಿ 25 ಮೀಟರ್ ಎತ್ತರವಿರುವ ಅಮೆರಿಕದ ಹಾರ್ವರ್ಡ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದ ಗೋಪುರದಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದ್ದು. ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಶೇಕಡಾ 3ರಷ್ಟು ನಿಖರತೆಯೊಳಗೆ ಫೋಟಾನುಗಳು $m=h\nu/c^2$ ದ್ರವ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ರೀತಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಿವೆ. ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನನು ತಿಳಿಸಿದಂತೆ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಿಂದ ಬರುವ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ 'ಕೆಂಪುಪಲ್ಲಟ'ವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ನಾವಿಲ್ಲಿ ಜ್ಞಾಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 9 (b)

ಚಲಿಸುವ ಗಡಿಯಾರಗಳು ನಿಧಾನಿಸುವಿಕೆ

ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಒಂದು ಪ್ರಮುಖ ಪ್ರತಿಪಾದನೆ ಎಂದರೆ ಎರಡು ಘಟನೆಗಳ

ಕಾಲಾವಧಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದ್ದು. ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ಸಾಪೇಕ್ಷವೇಗ v ಯಿಂದ ಪರಸ್ಪರ ಚಲಿಸುವ ಎರಡು ಸೂಚಿಕಟ್ಟುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಹಾಗೆ ಕಾಲ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. s ಸೂಚಿಕಟ್ಟಿನ ಬಿಂದು $x=x_{\circ}$ ನಲ್ಲಿ ಗಡಿಯಾರವೊಂದು ನಿಶ್ಚಲಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ, ಮತ್ತು ಎರಡು ಘಟನೆಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಹಾಗೆ ಗಡಿಯಾರದ ತೋರಿಕೆಗಳು ಈ ರೀತಿ ಇವೆ ;

$$\text{ಘಟನೆ } 1\ (x_{\circ},\ t_1) \qquad \text{ಘಟನೆ } 2\ (x_{\circ},\ t_2)$$

$T_{\circ}=t_2-t_1$ ಈ ಗಡಿಯಾರದಿಂದ ಅಳತೆಮಾಡಿದ ಕಾಲಾವಧಿ ನಾವೀಗ ಈ ಘಟನೆಗಳನ್ನು s' ಸೂಚಿಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಅಳತೆ ಮಾಡಿದಂತೆ ಕಾಲದ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳನ್ನು ಲೆಕ್ಕಾಚಾರ ಹಾಕೋಣ. s' ಸೂಚಿಯು s ಸೂಚಿಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ v ವೇಗವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ ಉದ್ಭವಿಸುವ ಲೊರೆಂಟ್ಸ್‌ನ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದರಿಂದ ಇವುಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ :

$$t_1'=\frac{t_1-v\ x_{\circ}/c^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \qquad t_2'=\frac{t_2-v\ x_{\circ}/c^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}}.$$

ಆದ್ದರಿಂದ ಇದೇ ಎರಡು ಘಟನೆಗಳ ನಡುವಿನ ಕಾಲಾವಧಿ T ಈ ಚಲಿಸುವ ಸೂಚಿಕಟ್ಟಿನಲ್ಲಿರುವ ವೀಕ್ಷಕನೊಬ್ಬನು ಅಳತೆ ಮಾಡಿದಾಗ ಈ ರೀತಿ ಇರುತ್ತದೆ :

$$T=t_2{}^1-t_1{}^1=\frac{t_2-t_1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \text{ ಅಥವಾ}$$

$$T=\frac{T_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$$

ಈ ಒಂದು ಸಂಬಂಧದಿಂದ ನಮಗರಿವಾಗುವುದೇನಂದರೆ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಗಡಿಯಾರ ಸೂಚಿಸುವ ಕಾಲ, ನಿಶ್ಚಲಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಗಡಿಯಾರ ಸೂಚಿಸುವ ಕಾಲಕ್ಕಿಂತ ಜಾಸ್ತಿಯಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬುದು. ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಗಡಿಯಾರ ಅಳತೆಮಾಡಿದ ಕಾಲಾವಧಿ ಹಿಗ್ಗಿದಂತೆ ಭಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದಲೇ "ಕಾಲ ವಿಸ್ತರಣೆ" ಎನ್ನುವ ಪದವನ್ನು ಈ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸಿರುವುದು. ರೂಢಿಮಾತಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ "ಚಲಿಸುವ ಗಡಿಯಾರಗಳು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಓಡುತ್ತವೆ." ಈ ಎಲ್ಲ ವಿವರಣೆ ತಾತ್ವಿಕವಾಗಿ ನೋಡಲು ಸರಿ ಎಂದು ಕಂಡು ಬಂದಾಗ್ಯೂ ಸಹಜವಾಗಿ ಯಾರಾದರೂ ಕೇಳಬಹುದಾದ ಪ್ರಶ್ನೆ: ಈ ಫಲಿತಾಂಶ ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಸತ್ಯವೇ? ಹೌದೆಂಬುದೇ ಇದಕ್ಕೆ ಉತ್ತರ. ಅತಿವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಮೂಲಕಣಗಳ ಶಿಥಿಲಗಳಲ್ಲಿ ಇದಕ್ಕೆ ಸಂದೇಹಕ್ಕಾಸ್ಪದವಿಲ್ಲದ ಸಮರ್ಥನೀಯ ಪುರಾವೆಗಳನ್ನು ನಾವಿಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸುತ್ತೇವೆ.

ವಿಕಿರಣ ಶಿಥಿಲ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಶಿಥಿಲವೂ ಗೊತ್ತುಗುರಿಯಿಲ್ಲದೇ (randomly) ನಡೆಯುವ ವಿಧಾನವಾದರೂ ಒಂದು ನಿಖರವಾದ ಚಿತ್ರವನ್ನು ನಮಗೆ ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ. ಯಾವುದಾದರೂ ಅಸ್ಥಿರ ಕಣಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೊಳಪಡಿಸಿ t_0 ಕಾಲದಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸಿದ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಭಾಗ t ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಉಳಿದಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಆಗ ಯಾರೆ ಆಗಲಿ, ಅವಲೋಕನೆಗೆ ಒಳಪಟ್ಟಿರುವ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಸಾಂಖ್ಯಿಕ ಅನಿಶ್ಚಿತತೆಗಳ ಮಿತಿ (limits of statistical uncertainty) ಯಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಬಗೆಯ ಕಣಗಳ ಬೇರೆ ಯಾವುದೇ ಮಾದರಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ್ದಂತಾದರೂ ಇದೇ ಫಲಿತಾಂಶ ದೊರೆಯುತ್ತದೆಂದು ಭವಿಷ್ಯ ನುಡಿಯಬಹುದು. ಈ ವಿಶಿಷ್ಟ ರೀತಿಯ ಪರಿಶೀಲನ ಭಾವನೆಯಲ್ಲಿ ಅಸ್ಥಿರಕಣಗಳು ಒಂದುರೀತಿಯ ಗಡಿಯಾರ. ಶಿಥಿಲಗೊಳ್ಳದೆ ಉಳಿದಿರುವ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಅಳತೆಯು ಕಳೆದಂತಹ ಕಾಲಾವಧಿಯ ಬಗ್ಗೆ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನೊದಗಿಸುತ್ತದೆ. ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ದೊರೆಯುವ, ಹೆಚ್ಚುಕಾಲ ಬದುಕುವ ರೇಡಿಯೋ ಐಸೊಟೋಪುಗಳ ಐತಿಹಾಸಿಕ ಹಾಗೂ ಭೂಗೋಳಿಕ ಅಧ್ಯಯನಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಒಂದು ಸತ್ಯಾಂಶವನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ

ಈ 'ಕಾಲ–ವಿಸ್ತರಣೆ'ಯನ್ನು ನಾವು ಕೆಳಕಂಡ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ದೃಢೀಕರಿಸಬಹುದು. ಆದಕ್ಕಾಗಿ, ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ಅಸ್ಥಿರಕಣಗಳ ಎರಡು ಗುಂಪುಗಳನ್ನು ನಾವೀಗ ತೆಗೆದು ಕೊಳ್ಳೋಣ. ಒಂದು ಗುಂಪಿಗೆ ವೇಗ v ಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟು ಮತ್ತೊಂದನ್ನು ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರಲು ಬಿಡೋಣ. ಇದೆಲ್ಲವೂ ನಾವು ವೀಕ್ಷಿಸುವ ಸೂಚಿಕಟ್ಟೆಗೆ ಸಂಬಂಧ ವಾಗಿದೆ. 'ರೇಡಿಯೋ ವಿಕಿರಣ ಗಡಿಯಾರವು' ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಗುಂಪಿನಿಂದ ಪ್ರತಿನಿಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಇದನ್ನು ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಗುಂಪಿನೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ, ನಿಧಾನವಾಗಿ ಓಡುತ್ತಿದೆ ಎಂಬುದು ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ. ನಮ್ಮ ನಿರೀಕ್ಷೆಗಿಂತ, ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಕೇವಲ ಕೆಲವೇ ಶಿಥಿಲಗಳು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಗುಂಪಿನಲ್ಲಿ ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ವೇಗ v ಯ ಮೌಲ್ಯ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ c ಗೆ ಹತ್ತಿರವಾಗಿದ್ದರೆ ಈ ಪರಿಣಾಮ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಮ್ಯೂಯಾನು ಮೂಲ ಕಣಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಈ ರೀತಿಯ ಪ್ರಯೋಗವೊಂದನ್ನು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ನಡೆಸಿದರು. ಅದನ್ನು ಕೆಳಗೆ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಮ್ಯುಯಾನು–ಗಡಿಯಾರ :

ಭೂಮಿಯ ವಾತಾವರಣವನ್ನು ಹೊರಗಡೆಯಿಂದ ಪ್ರವೇಶಿಸುವ ಕಾಸ್ಮಿಕ್‌ಕಣಗಳಿಂದ ಉಂಟಾದ ಮ್ಯೂಯಾನುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು 1941 ರಲ್ಲಿ ರೋಸಿ ಮತ್ತು ಹಾಲ್ ಎಂಬುವರು ಈ 'ಕಾಲ–ವಿಸ್ತರಣೆ' ಪರಿಣಾಮದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಐತಿಹಾಸಿಕ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ನಡೆಸಿದರು. ಕಾಸ್ಮಿಕ್ ಕಣಗಳಲ್ಲಿರುವ ಶಕ್ತಿಯುತ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ಭೂವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿರುವ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಗಳೊಂದಿಗೆ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಸಿದಾಗ ಬೇರೆ ಬೇರೆ

ವಿದ್ಯುದಂಶವಿರುವ ಕಣಗಳೊಂದಿಗೆ π^+ ಅಥವಾ π^- ಮೆಸಾನುಗಳೂ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತವೆ. ಇವು ಅಸ್ಥಿರವಾದುವು ಮತ್ತು ಇವು ಶಿಥಿಲಗೊಂಡಾಗ ಧನ ಮತ್ತು ಋಣ ವಿದ್ಯುಂದಶದ ಮ್ಯೂಯಾನುಗಳು ಹೊರಹೊಮ್ಮುತ್ತವೆ:

$$\pi^+ \longrightarrow \mu^+ + \nu_\mu$$
$$\pi^- \longrightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$$

ಅಲ್ಲದೆ ಈ ಮ್ಯೂಯಾನುಗಳೂ ಸಹ ಕೆಳಗಿನ ರೀತಿ ಶಿಥಿಲವಾಗುತ್ತವೆ.

$$\mu^+ \longrightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$$
$$\mu^- \longrightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$$

ಇಲ್ಲಿ e^-, e^+, ν_e, $\bar{\nu}_e$, ν_μ, $\bar{\nu}_\mu$ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು, ಪಾಸಿಟ್ರಾನು, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು – ನ್ಯೂಟ್ರಿನೋ, ಅವಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು – ನ್ಯೂಟ್ರಿನೋ, ಮ್ಯೂಯಾನು–ನ್ಯೂಟ್ರಿನೋ ಮತ್ತು ಅವ ಮ್ಯೂಯಾನು–ನ್ಯೂಟ್ರಿನೋ. ಮೇಲಿನ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ಮ್ಯೂಯಾನುಗಳು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಬಹುವೇಗದಿಂದ ಅಂದರೆ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಕ್ಕೆ ಹತ್ತಿರದ ವೇಗದಿಂದ ಕೆಳಮುಖವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಕಣಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವ ಸಾಧನಗಳಿಂದ, ಮ್ಯೂಯಾನು ಬರುವ ವೇಳೆಯನ್ನು ಮತ್ತು ಇದರ ಶಿಥಿಲದಿಂದ ಉಂಟಾದ ಶಕ್ತಿಯುತ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಅಥವಾ ಪಾಸಿಟ್ರಾನುಗಳು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ವೇಳೆಯನ್ನು ನಾವು ಗುರ್ತಿಸಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ಗಮನಿಸಬಹುದಾದ ಅಂಶವೆಂದರೆ ಪತ್ತೆಹಚ್ಚುವ ಸಾಧನದಲ್ಲಿ ಮ್ಯೂಯಾನನ್ನು ತಡೆದಂತಾಗಿರುತ್ತದೆ, ಅಲ್ಲದೆ ಇದರ ಶಿಥಿಲವನ್ನು ಇದು ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಗುರ್ತಿಸಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯ ಅಧ್ಯಯನದಿಂದ, ಮ್ಯೂಯಾನುಗಳ ಬರುವಿಕೆ ಮತ್ತು ಶಿಥಿಲಗಳ ಅಂತರದ ಕಾಲಗಳ ಒಂದು ಸಂಖ್ಯಾಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ತಯಾರಿಸಬಹುದು. ಈ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನು ಅಂಗೀಕರಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಯಾವ ಒಂದು ಗುಂಪಿನ ಮ್ಯೂಯಾನುಗಳಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಭಾಗ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ l ದೂರವನ್ನು ಪಯಣಿಸಿದಾಗ ಶಿಥಿಲಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಯಾರಾದರೂ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಹುದು (ಕಾಲಾವಧಿ $= l/c$). ಈ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದಲ್ಲಿ ವಾತಾವರಣದ ಪರಮಾಣುಗಳೊಂದಿಗೆ ಮ್ಯೂಯಾನುಗಳು ಡಿಕ್ಕಿಹೊಡೆಯುವುದರ ಮೂಲಕ ಬೇರ್ಪಡುವುದನ್ನು ಗಮನಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಈ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ, ಪರ್ವತದ ತುದಿಯಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಸಮುದ್ರ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಮ್ಯೂಯಾನುಗಳ ಬರುವಿಕೆಯ ಪರಿಮಾಣ (ದರ) ವನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಕೆಳಮುಖನಾದ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ ಮೇಲಿನ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರ ಹಾಕಿದ ಸಂಖ್ಯೆಗಿಂತ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಮ್ಯೂಯಾನುಗಳು ಬದುಕಿರುವುದನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲಾಗಿದೆ. ನಿಶ್ಚಲಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಮ್ಯೂಯಾನುಗಳ ಗುಂಪೊಂದರ ಶಿಥಿಲತೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಕೆಲವು ವಿವರಗಳನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

ಪಟ್ಟಿ 2

ಕಳೆದ ವೇಳೆ ಮೈಕ್ರೊ ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ	ಬದುಕಿದ ಮ್ಯೂಯಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ
0	568
1	373
2	229
3	145
4	99
5	62
6	36
7	17
8	6

ಮೇಲಿನ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ, ಎಣಿಸುವ ಉಪಕರಣ, ಗಂಟೆಗೆ 568 ಮ್ಯೂಯಾನುಗಳ ಬರುವಿಕೆಯನ್ನು ಸುಮಾರು 2000 ಮೀಟರ್ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿ ದಾಖಲೆಮಾಡಿದೆ. ಮ್ಯೂಯಾನುಗಳ ವೇಗ $\simeq c$ ಇದ್ದಾಗ, ಮ್ಯೂಯಾನುಗಳು ಈ ಎತ್ತರದಿಂದ ಸಮುದ್ರಮಟ್ಟ ಮುಟ್ಟಲು 6.5 ಮೈಕ್ರೋಸೆಕೆಂಡ್ ಕಾಲ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಮೇಲಿನ ಪಟ್ಟಿಯ ಪ್ರಕಾರ ಎಣಿಕೆದರ ಸಮುದ್ರಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು ಗಂಟೆಗೆ 25 ಇರಬೇಕು. ಆದರೆ ಅಳತೆಮಾಡಿದಾಗ ಇದು ಗಂಟೆಗೆ 400 ಕ್ಕಿಂತ ಮಿಗಿಲಾಗಿತ್ತು. ಚಲಿಸುವ ಮ್ಯೂಯಾನುಗಳೇ ಗಡಿಯಾರವನ್ನು ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುವುದರಿಂದ ಈ ಪ್ರಯಾಣ ಕೇವಲ 0.7 ಮೈಕ್ರೋಸೆಕೆಂಡು ಮಾತ್ರ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಚಲಿಸುವ ಮ್ಯೂಯಾನಿಗೆ ಅಂಟಿಸಿದ ಗಡಿಯಾರ ಅಳತೆಮಾಡಿದ ಕಾಲಾವಧಿ T_0 (ಅಂದರೆ ಮ್ಯೂಯಾನಿಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಗಡಿಯಾರ ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದೆ), ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಗಡಿಯಾರ ಅಳತೆಮಾಡಿದ ಕಾಲಾವಧಿ T ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ

$$\left(\frac{T}{T_0}\right)^2 = 1 - \frac{v^2}{c^2}$$

$T_0 = 0.7$ ಮೈಕ್ರೋಸೆ. ಮತ್ತು $T = 6.5$ ಮೈಕ್ರೋಸೆ. ಆಗಿರುವುದರಿಂದ

$$1 - \frac{v^2}{c^2} = \left(\frac{0.7}{6.5}\right)^2 \simeq \left(\frac{1}{9}\right)^2 = \frac{1}{81}$$

ಆದುದರಿಂದ $\frac{v}{c} \simeq 0.994$

ಕಾಸ್ಮಿಕ್ ಕಣಗಳಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ಮ್ಯೂಯಾನುಗಳ ಶಕ್ತಿಗಳ ಶ್ರೇಣಿಯು ಬಹು ವಿಸ್ತಾರವಾದುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು. ಒಂದು ನಿಗಧಿಯಾದ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದ ವಸ್ತುವನ್ನು (ಕಬ್ಬಿಣ + ವಾತಾವರಣ) ಪ್ರಯಾಣಿಸಿದ ನಂತರ ಕೇವಲ ಸ್ವಲ್ಪದಪ್ಪವಿರುವ ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ ಸ್ಫುರಣ ದೀಪ್ತಿರೋಹಿತ ಮಾಪನದಲ್ಲಿ ನಿಲ್ಲಿಸಬಹುದಾದ ಮ್ಯೂಯಾನುಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವುದರಿಂದ v/c ಯ ಒಂದು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಆಯ್ಕೆಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಈ ರೀತಿ ಆಯ್ಕೆಮಾಡಿದ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ವೇಗವುಳ್ಳ ಮ್ಯೂಯಾನುಗಳು ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ ತಲುಪುವ ಮುನ್ನವೇ ತಡೆಯಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ. ಹೆಚ್ಚಿನ ವೇಗವುಳ್ಳವು ನೇರವಾಗಿ ಹಾದು ಹೋಗಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಎರಡು ವಿಧದಲ್ಲೂ ಅವು ಗುರುತಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಕಾರಣ, ಮ್ಯೂಯಾನು ಪ್ಲಾಸ್ಟಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬಂದು ಅನಂತರ ಶಿಥಿಲಗೊಂಡರೆ ಮಾತ್ರವೇ ಅದು ಗುರುತಿಸಲ್ಪಡುವುದು.

ಚಲನಶಕ್ತಿ $K = mc^2 - m_\circ c^2 = m_\circ c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - 1 \right)$

ಅಥವಾ $K = m_\circ c^2 (\gamma - 1)$

$$\text{ಇಲ್ಲಿ } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

ಮ್ಯೂಯಾನುಗೆ $m_\circ c^2 = 106\ MeV$. ಚಲನಶಕ್ತಿ $= 3000000\ BeV$ ($1\ BeV = 1000\ MeV$) ಇರುವ ಮ್ಯೂಯಾನುಗೆ

$$\gamma = \frac{3000000}{106} + 1 \approx 3 \times 10^6$$

ಆದ್ದರಿಂದ 'ಕಾಲ-ವಿಸ್ತರಣೆ'ಯ ಅಂಶ ಸುಮಾರು 3×10^6. ಬೇರೆ ಮಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ ಈ ಮ್ಯೂಯಾನಿನ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಜೀವಿತಕಾಲ ಅದರ ನೈಜ ಕಾಲಕ್ಕಿಂತ 3×10^6 ನಷ್ಟು ಜಾಸ್ತಿ. ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯ ಪರಿಣಾಮವು ಇದರ ಸರಾಸರಿ ಜೀವಿತ ಕಾಲವನ್ನು ಬಹುಪಾಲು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಒಂದು 'ಕಾಲ–ವಿಸ್ತರಣಾ' ಪರಿಣಾಮ ದಿಂದಾಗಿಯೇ ಮ್ಯೂಯಾನುಗಳು ಶಿಥಿಲಗೊಳ್ಳದೆ ಬಹು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಸಮುದ್ರಮಟ್ಟ ವನ್ನು ಮತ್ತು ಆಳವಾದ ಗಣಿಗಳನ್ನು ತಲುಪುತ್ತವೆ. ಇದು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ನಿಜವೆಂದು ಕಂಡುಬಂದಿದೆ.

ಮೇಲಿನ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ, ಕಾಲವಿಸ್ತರಣೆಯು ಅನುಭವದ ಸಂಗತಿ ಮಾತ್ರವೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಒಂದು ದತ್ತಸೂಚಿಕಟ್ಟಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ cಗೆ ಹತ್ತಿರವಾದ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವ ಗಡಿಯಾರಗಳಿಗೆ ಅತಿ ದೊಡ್ಡಪರಿಣಾಮವೂ ಆಗಬಹುದೆಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.

ಪರಿಸಮಾಪ್ತಿ

ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ ಹೊರಹೊಮ್ಮುವ ಮುಖ್ಯಪರಿಣಾಮಗಳಿಗೆ ನಾನಾ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಮರ್ಥನೆಗಳು ಕಳೆದ 50 ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ದೊರಕಿವೆ ಮತ್ತು ಈ ಪರಿಣಾಮಗಳು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಬಹುಮುಖ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿವೆ. ಈ ಈ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವಿನ ಕಣಕ್ಕೆ ಕೊಡಬಹುದಾದ ಅಂತಿಮ ಜವ ನಿರ್ವಾತದಲ್ಲಿನ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ c ಎಂಬುದನ್ನು ಪ್ರಯೋಗವೊಂದು ಹೇಗೆ ತೋರಿಸಿ ಕೊಡುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು, ಶಕ್ತಿ-ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ಸಮಾನತ್ವ ತತ್ವಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಕೆಲವು ಪ್ರಯೋಗಿಕ ಸಮರ್ಥನೆಗಳನ್ನು, ಡಿರಾಕನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಅವ-ಕಣ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೂ ಇದು ಹೇಗೆ ನಾಂದಿಯಾಯಿತು ಎಂಬುದನ್ನು, ಪ್ರೋಟಾನಿನ ದ್ರವ್ಯಾಂಶ ವನ್ನು ಲೆಕ್ಕಾಚಾರ ಹಾಕಿದ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನೂ ಮತ್ತು ಚಲಿಸುವ ಗಡಿಯಾರಗಳು ನಿಧಾನಿಸುವಿಕೆಯನ್ನು ಮ್ಯೂಯಾನುಗಳ ಶಿಥಿಲತೆಯನ್ನು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡುವುದರ ಮೂಲಕ ಹೇಗೆ ಪ್ರಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಸಮರ್ಥಿಸಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಲೇಖನವನ್ನು ಓದಿದವರಿಗೆ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ ಹೊರಹೊಮ್ಮುವ ಕೆಲವು ಪರಿಣಾಮಗಳ ಪ್ರಯೋಗಿಕ ಸತ್ಯಾಂಶವು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಮನವರಿಕೆಯಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ನಂಬಿದ್ದೇವೆ.

ಗ್ರಂಥಋಣ

1. Special Relativity—A. P. French (1968, Thomas Nelson Sons Ltd, London).

2. The Evolution of Physics—A. Einstein and L. Infeld (1961, Simon and Schuster, New York).

3. The Study of Elementary Particles by the photographic method—C. F. Powell, P. H. Fowler and D. H. Perkins (1959. Pergman Press).

4. Matter and Anti matter—Maurice Duquesne (1960, Arrow Science series).

5. ಮೂಲಕಣಗಳು—ಬಿ. ಸಂಜೀವಯ್ಯ (೧೯೬೯, ಪ್ರಬುದ್ಧ ಕರ್ಣಾಟಕ, ಚಿನ್ನದ ಸಂಚಿಕೆ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿಭಾಗ ೨, ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ).

ಡಾ|| ಪಿ. ಸಿ. ವೈದ್ಯ

ಗುರುತ್ವ - ಸಾಪೇಕ್ಷತೆ - ಜ್ಯಾಮಿತಿ

ಆರ್ಕಿಮಿಡೀಸನು ತನ್ನ ಸ್ನಾನದ ತೊಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಕುಳಿತಾಗ ಆಧುನಿಕ ವಿಜ್ಞಾನ ಜನಿಸಿತೆಂತಲೂ, ನ್ಯೂಟನ್ ತನ್ನ ಹಣ್ಣಿನ ತೋಟದಲ್ಲಿ ಕುಳಿತಾಗ ಅದು ಪ್ರಾಪ್ತ ವಯಸ್ಸಿಗೆಬಂದಿತೆಂತಲೂ ಹೇಳುವುದುಂಟು. ಕಾಯಗಳ ಚಲನೆಯ ವಿಷಯವಾಗಿ ಅಂದು ಇದ್ದ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ನ್ಯೂಟನ್ ತನ್ನ ಮೂರು ಹೆಸರಾಂತ ಚಲನನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಮರುಸಂಘಟಿಸಿದನು, ಮತ್ತು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಗುರುತ್ವ ನಿಯಮದ ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಮುಖ ಆವಿಷ್ಕಾರಮಾಡಿದನು. ಆತನ ಗುರುತ್ವ ನಿಯಮವನ್ನು ಈ ಕೆಳಕಂಡ ರೂಪದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು.

"ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಣವು ಪ್ರತಿ ಬೇರೊಂದು ಕಣವನ್ನು ದ್ರವ್ಯಾಂಶಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಸರಳಾನುಪಾತದಲ್ಲಿಯೂ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ದೂರದ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ವಿಲೋಮವಾಗಿಯೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳುವ ಬಲದಿಂದ ಆಕರ್ಷಿಸುವುದು."

ಗುರುತ್ವನಿಯಮ ಹಾಗೂ ಆತನ ಮೂರು ಚಲನನಿಯಮಗಳಿಂದ ಲೋಲಕದ ಚಲನೆ ಅಥವಾ ಭ್ರಮಣಗೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವ ಬುಗುರಿ, ಗ್ರಹಗಳ ಚಲನೆ, ಉಬ್ಬರ ವಿಳಿತಗಳ ಪ್ರಕೃತಿಘಟನೆ ಮುಂತಾದುವುಗಳಂತಹ ವಿವಿಧ ಪ್ರಕೃತಿಘಟನೆಗಳನ್ನು ನ್ಯೂಟನ್ನನು ವಿವರಿಸಬಲ್ಲವನಾದನು. ವಾಸ್ತವಾಗಿ ಆಧುನಿಕ ಇಂಜಿನಿಯರಿಂಗ್ ಸೌಧವು ಆವಶ್ಯಕವಾಗಿಯೂ ನ್ಯೂಟನ್ನಿನ ಮೂರುನಿಯಮಗಳ ಮೇಲೇ ಆಧಾರ ಗೊಂಡಿದೆ. ಆತನ ಗುರುತ್ವ ನಿಯಮವನ್ನು ವಿವರವಾಗಿ ನಾವು ಪರೀಕ್ಷಿಸೋಣ.

ನಿಯಮದ ವಿಶ್ವವ್ಯಾಪಕತೆ

ನ್ಯೂಟನ್ನನ ನಿಯಮವು ವಿಶ್ವವ್ಯಾಪಕ ಗುರುತ್ವ ನಿಯಮವೆಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ನಾವು ಮೇಲೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ನಿಯಮದ ನಿರೂಪಣೆಯಲ್ಲಿ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿನ ಯಾವುದಾದರೂ ಎರಡು ಕಣಗಳಿಂದಾಗುವ ವಿಷಯದ ಉಲ್ಲೇಖವಿದೆ. ಯಾರೊಬ್ಬರೂ ಆಶ್ಚರ್ಯ ಪಡಲೂ ಬಹುದು : ಆತನ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳು ಆತನ ಹಣ್ಣಿನ ತೋಟಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಸೀಮಿತ ಗೊಂಡಿದ್ದಾಗಲೂ ವಿಶ್ವದ ಎಲ್ಲಿಯಾದರೂ ಆಗಲಿ ಪಡೆಯಬಹುದಾದುನ್ನು ವಿವರಿಸಲು

ನ್ಯೂಟನ್ನನಿಗೆ ದಾರಿ ತೋರಿಸಿದುದಾವುದು? ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಎಲ್ಲಾ ನಿಯಮಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲೂ ಕೇಳಬಹುದಾದಂತಹ ಪ್ರಶ್ನೆ ಇದು. ಬಾಯ್ಲನು ತನ್ನ ಅಡಿಗೆಮನೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗ ಶ್ರೇಣಿಯನ್ನು ಮಾಡಿ, ನಿಯತ ತಾಪದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವು ಅದರ ಗಾತ್ರದಂತೆ ವಿಲೋಮವಾಗಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದೆಂದು ತಿಳಿಸುವ ಬಾಯ್ಲನ ನಿಯಮವೆಂದು ತಿಳಿದಿರುವುದನ್ನು ಅನುಮಿತಿಗೊಳಿಸಿದನು. ಈ ನಿಯಮವು ಬಾಯ್ಲನ ಅಡಿಗೆ ಮನೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದರೆ ಮಾತ್ರ ಸತ್ಯವೆಂಬುದನ್ನು ಯಾರೂ ಯಾವಾಗಲೂ ಸಲಹೆಮಾಡಿಲ್ಲ. ಇದು ಸ್ಥಳೀಯ ಅಥವಾ ಮುನಿಸಿಪಲ್ ನಿಯಮಗಳು ಮತ್ತು ನಿಸರ್ಗದ ನಿಯಮಗಳಿಗಿರುವ ಒಂದು ಅತ್ಯವಶ್ಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಗುರುತಿಸುವುದು. ನಿಸರ್ಗನಿಯಮಗಳು, ಹೆಸರೇ ಸಲಹೆಮಾಡುವಂತೆ, ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಳದ ಅಥವಾ ಕಾಲದ ನಿಯಮಗಳಲ್ಲಿ ಸರಿಯಾದರೆ ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲಾಕಡೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಸರಿಹೊಂದಲೇಬೇಕು.

ಒಬ್ಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಗೆ ಸೀಮಿತಗೊಂಡಿರುವ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳ ಒಂದು ಗುಂಪಿನಿಂದ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲಿಯಾದರೂ ಸರಿಯಾಗಿ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಒಂದು ಪ್ರಕೃತಿನಿಯಮವನ್ನು ಹೇಗೆ ಅನುಮತಿಗೊಳಿಸುವನು? ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಅವರ ಮುಂದೆ ತಮ್ಮ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಥಳೀಯ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ತೊಡೆದುಹಾಕುವ ವಿಶ್ವೀಯ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವ ಮತ್ತು ಈ ವಿಶ್ವೀಯ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಒಂದು ಪ್ರಕೃತಿ ನಿಯಮದೊಂದಿಗೆ ಬೆಸಿಗೆ ಹಾಕುವ ಕೆಲವು ಒರೆಗಲ್ಲುಗಳನ್ನು ಇಟ್ಟು ಕೊಂಡಿರಲೇಬೇಕು. ಆಧುನಿಕ ವಿಜ್ಞಾನವು ಹುಟ್ಟಿದ ಆರ್ಕೀಮಿಡೀಸನ ದಿವಸಗಳಿಂದಲೂ ಅಂತಹ ಒರೆಗಲ್ಲು ಒಂದಲ್ಲ ಒಂದು ರೂಪದಲ್ಲಿ ಇದ್ದಿರಲೇಬೇಕು.

ಅಂತಹ ಒಂದು ಒರೆಗಲ್ಲು ಸಾಪೇಕ್ಷತಾತತ್ತ್ವ ಎಂಬ ಹೆಸರಿನಿಂದ ಗೊತ್ತಿದೆ. ಆರ್ಕೀಮಿಡೀಸನ ದಿನಗಳಿಂದಲೂ ಒಂದು ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ತತ್ತ್ವಗೊತ್ತಿದೆ, ಆದರೆ ಪ್ರಕೃತಿ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಈ ನಿಯಮದ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ಪ್ರಜ್ಞಾ ಉಪಯೋಗ 1905ರಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್ ಅವರಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿತು ಮತ್ತು ಆದಿನದ ನಂತರ ಪ್ರಕೃತಿಯ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಜ್ಞಾನದ ಬೆಳವಣಿಗೆ ಅದ್ವಿತೀಯವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿದೆ ಎಂಬುದು ಆಶ್ಚರ್ಯವೇನಲ್ಲ.

ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಒರೆಗಲ್ಲು

ಈಗ ನಾವು ಈ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಒರೆಗಲ್ಲನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸೋಣ ಮತ್ತು ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್ ಅವರು ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಗುರುತ್ವನಿಯಮದ ವಿಶ್ವೀಯತೆಯನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಅದನ್ನು ಹೇಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆಂಬುದನ್ನು ನಂತರ ನೋಡೋಣ.

ಇಂಡಿಯಾದಲ್ಲಿ ಅಭ್ಯಾಸಮಾಡುವ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ *USA* ಮತ್ತು *USSR* ಗಳಲ್ಲಿ ಅಭ್ಯಾಸಮಾಡುವ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ಒಂದೇ ಆಗಿದೆ. ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು

ಪಠ್ಯ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಿರುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಎಲ್ಲಾದರೂ ಮಾಡಬಹುದು ಮತ್ತು ಆಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ವಿಧಿಸಿದ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದರೆ, ಎಲ್ಲಾಕಡೆಯೂ ಅದೇ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಬರುವುವು. ಆದರೆ ಚಂದ್ರನ ವಿಷಯ ಹೇಗೆ? ಬಾಯ್ಲನ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಚಂದ್ರನ ಮೇಲೆ ಅಥವಾ ಮಂಗಳ ಗ್ರಹದ ಮೇಲೆ ಕೊಂಡೊಯ್ದರೆ ಮತ್ತು ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ನಿಯತ ತಾಪವನ್ನು ಸಂರಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಗಾತ್ರ ಪರಿಚಯದ (ಹೈಪರ್‌ಬೋಲ) ಅಪರವಲಯದ ಮೇಲೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಗೊಳ್ಳುವುದನ್ನು ನಾವು ನಿರೀಕ್ಷಿಸುವುವೇ? ನಾವು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಅದೇ ವರ್ತನೆ ಯನ್ನು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಬೇಕು ಆದರೆ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಣ ಯಾವುದಾದರು ಪ್ರಯೋಗ ಮಂದಿರದಲ್ಲಿ ನಾವಿದ್ದಂತೆ ಚಂದ್ರ ಅಥವಾ ಮಂಗಳದಲ್ಲಿ ನಾವು ಅಷ್ಟುನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ವಿವರಿಸೋಣ. ಇಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ಎರಡು ಹೋಲಿಕೆ ಗಳಿವೆ (i) ಇಂಡಿಯಾದಲ್ಲಿ ಉದಾ : I ಎಂಬ ಪ್ರಯೋಗ ಮಂದಿರದಲ್ಲೂ ಮತ್ತು USA ನಲ್ಲಿ, ಉದಾ U ಎಂಬ ಪ್ರಯೋಗ ಮಂದಿರದಲ್ಲೂ ಒಂದೇ ತೆರನಾಗಿ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳ ನಡುವಣ ಹೋಲಿಕೆ (ii) ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಣ 'I' ಪ್ರಯೋಗ ಮಂದಿರದಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಚಂದ್ರನ ಮೇಲೆ M ಎಂಬ ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗ ಮಂದಿರದಲ್ಲಿ ಜರುಗಿಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ನಡುವಣ ಹೋಲಿಕೆ. 'I' ಮತ್ತು 'U' ಗಳಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದ ಒಂದೇ ತೆರನಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಒಂದೇ ತೆರನಾದ ಫಲಿತಾಂಶ ಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಯಾರೊಬ್ಬರಲ್ಲೂ ನಿಶ್ಚಿತವಾದ ಭಾವನೆಯಿರಲು ಸಾಧ್ಯ, ಆದರೆ ಅದೇ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು I ಮತ್ತು M ನಲ್ಲೂ ಮಾಡಿದಾಗ ಅಷ್ಟೆ ನಿಶ್ಚಿತ ಅಭಿಪ್ರಾಯ ಯಾರೊಬ್ಬರಿಗೂ ಇರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. I ಮತ್ತು U ಜೋಡಿಗೂ ಮತ್ತು I ಮತ್ತು M ಜೋಡಿಗೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇನು? I ಮತ್ತು U ಗಳು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಎರಡೂ ಭದ್ರವಾಗಿವೆ ಆದರೆ I ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿದೆ ಮತ್ತು M ಚಂದ್ರನ ಮೇಲಿದೆ ಮತ್ತು ಚಂದ್ರ ಭೂಮಿಯ ಸುತ್ತ ಚಲಿಸುತ್ತಿದೆ. ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಅನುಮಾನಕ್ಕೆ ಆಸ್ಪದವೀಯುವ ಒಂದು ಅವಶ್ಯಕ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೆಂದರೆ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸ : 'I' ಮತ್ತು 'U' ಗಳಿಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯಿಲ್ಲ ಆದರೆ 'I' ಮತ್ತು 'M' ಗಳಿಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯಿದೆ. ವೀಕ್ಷಕರ ನಡುವಣ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯು ಅವರ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ಪ್ರಭಾವಗೊಳಿಸುವುದಿಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನು ನಾವು ದೃಢೀಕರಿಸಿದರೆ, I ಮತ್ತು M ಗಳಲ್ಲಿನ ಫಲಿತಾಂಶಗಳ ಏಕರೂಪತೆಯನ್ನೂ ದೃಢೀಕರಿಸಬಹುದು.

ಸಾಪೇಕ್ಷತ್ವದ ಒರೆಗಲ್ಲಿನ ಆವಶ್ಯಕ ಗುಣವೆಂದರೆ ಇಬ್ಬರು ವೀಕ್ಷಕರ ನಡುವಣ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯು ಪ್ರಕೃತಿಯ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ಪ್ರಭಾವಿತಗೊಳಿಸಬಾರದು ಎಂಬುದೇ ಆಗಿದೆ. ಸಾಪೇಕ್ಷದ ಈ ಒರೆಗಲ್ಲನ್ನು ಈ ಕೆಳಕಂಡಂತೆ ಹೆಚ್ಚು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ನಾವು ನಿರೂಪಿಸಬಲ್ಲೆವು.

ಪರಸ್ಪರ ಸಾಪೇಕ್ಷಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಇಬ್ಬರು ವೀಕ್ಷಕರು ಯಾವುದಾದರು ಪ್ರಕೃತಿ ಸಂಗತಿಯನ್ನು ವಿವರಿಸಿದರೆ ಆ ಪ್ರಕೃತಿಘಟನೆಯು ಒಂದು ನಿಸರ್ಗಸಂಗತಿಯಾಗಿರುವುದು ಮತ್ತು ಏಕರೂಪದ ವಿವರಣೆಯು ಒಂದು ಪ್ರಕೃತಿನಿಯಮವಾಗಿರುವುದು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ ಕಲ್ಪನಾ ಪ್ರಯೋಗಗಳು

ನ್ಯೂಟನ್ನಿನ ಗುರುತ್ವನಿಯಮವು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಒಂದು ನಿಸರ್ಗನಿಯಮವೇ ಅಥವಾ ಅಲ್ಲವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಸಾಪೇಕ್ಷತ್ವದ ಮೇಲಿನ ಒರೆಗಲ್ಲು ಹೇಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ ನಿಂದ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು ಎಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಈಗ ನೋಡೋಣ.

ನ್ಯೂಟನ್ನಿನ ದಿನಗಳಿಗಿಂತ ಮೊದಲು ಅನೇಕರು ಸೇಬುಗಳು ಬೀಳುತ್ತಿರುವುದನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದ್ದಿರಬಹುದು. ಆದರೆ ತನ್ನ ಹಣ್ಣಿನತೋಟದಲ್ಲಿ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಸೇಬನ್ನು ನ್ಯೂಟನ್ನನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ ತಾನು ಒಂದು ಪ್ರಕೃತಿಘಟನೆಯನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುತ್ತಿರುವುದಾಗಿ ಆತನ ಗಮನವಿದ್ದಿತು, ನಿಜ, ಹಿಂದೆ ಇಲ್ಲಿ ನೀಡಿರುವ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ಅದು ಒಂದು ಪ್ರಕೃತಿಘಟನೆ. ಈ ಒಂದು ಸರಳವೀಕ್ಷಣೆಯಿಂದ ಆತನು ಒಂದು ಪ್ರಕೃತಿ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಬಂದುದು ಹೇಗೆಂದರೆ ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೆ. ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಸೇಬಿನ ಈ ಪ್ರಕೃತಿ ಸಂಗತಿಯು ಒಂದು ನಿಸರ್ಗ ಸಂಗತಿ ಎಂಬುದಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಲೋಸುಗ ಸಾಪೇಕ್ಷತ್ವದ ಒರೆಗಲ್ಲನ್ನು ತೃಪ್ತಿಗೊಳಿಸುವುದೇ ಎಂಬುದನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನು ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದನು.

ಎಂಪೈರ್‌ಸ್ಟೇಟ್ ಬಿಲ್ಡಿಂಗಿನಂತಹ ಒಂದು ಗಗನಚುಂಬಿಯ ಮೇಲಿನ ಮಹಡಿಯಿಂದ ಕೆಳಕ್ಕಿಳಿಯುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಎತ್ತುಗವನ್ನು ನಾವು ಯೋಚಿಸೋಣ ಮತ್ತು ಎತ್ತುಗವನ್ನು ಆಧರಿಸಿರುವ ಹಗ್ಗವು ಕಿತ್ತುಹೋಗುವ ದುರದೃಷ್ಟಕರ ಘಟನೆಯನ್ನೂ ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ನ್ಯೂಟನ್ನಿನ (ಹಣ್ಣಿ) ತೋಟದ ಹೆಸರಾಂತ ಸೇಬಿನಂತೆ ಗುರುತ್ವದಲ್ಲಿ ಎತ್ತುಗ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ಬೀಳಲು ನಂತರ ಪ್ರಾರಂಭಿಸುತ್ತದೆ. ಜೊತೆಗೆ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಈ ಎತ್ತುಗದಲ್ಲಿ A ಎಂಬ ಗಣಿತಜ್ಞನೊಬ್ಬನಿರುವುದನ್ನು ನಾವು ಊಹಿಸೋಣ. ಎತ್ತುಗವು ನೆಲವನ್ನು ತಲುಪಲು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಕಾಲ tಅನ್ನು (ಹೆಚ್ಚಿನ ಗಗನಚುಂಬಿಗಳಿಗೆ ಇದು 2 ಅಥವಾ 3 ಸೆಕೆಂಡುಗಳಿರುತ್ತದೆ) ಅವನು ಲೆಕ್ಕಹಾಕಬಹುದಲ್ಲವೆ? ನಾವು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿರುವವರು t ಕಾಲದ ನಂತರ ಏನಾಗುವುದೆಂದು ಚಿಂತೆಗೊಂಡಿದ್ದರೆ, A ಗಣಿತಜ್ಞ, ಬುದ್ಧಿಜೀವಿಯಾಗಿ, ಆತನಿಗೆ ಸಿಗುವ 2 ಎರಡು ಅಥವಾ 3 ಸೆಕೆಂಡುಗಳ ಉತ್ತಮ ಉಪಯೋಗ ಪಡೆಯಲು ಅಪೇಕ್ಷಿಸುತ್ತಾನೆ. ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟನ್ನಿನ ಗುರುತ್ವನಿಯಮವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ತೀರ್ಮಾನಿಸುತ್ತಾನೆ. ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡಲು ನೆಲದಮೇಲೆ ಮತ್ತೊಬ್ಬ B ವೀಕ್ಷಕನನ್ನು ನಾವಿಟ್ಟಿರಬೇಕು. ನೆಲದಮೇಲಿನ ಸಾಧಾರಣ ಜನರು ಆ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಪೋಲೀಸು ಅಂಬುಲೆನ್ಸ್ ಆಸ್ಪತ್ರೆ ಮತ್ತು ಆ ರೀತಿಯ ವಿಷಯಗಳ ವಿಷಯ ಯೋಚಿಸುವುದರಿಂದ,

ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಇಂತಹ ಗೌಣಸಂಗತಿಗಳ ವಿಷಯವಾಗಿ ಚಿಂತಿಸದೆ ನೆಲದಮೇಲಿರುವವನು ಒಬ್ಬ ಗಣಿತಜ್ಞ B ಆಗಿರಬೇಕೆಂದು ನಾವು ಊಹಿಸಬೇಕು. (ಪ್ರಯೋಗವು ಒಂದು ಕಲ್ಪನಾ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿರುವುದು ಆಶ್ಚರ್ಯವಲ್ಲ. ಅಂದರೆ ಪ್ರಯೋಗ ಊಹೆ ಮಾಡಿಕೊಂಡಿರುವುದು ಆದರೆ ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಮಾಡಿದುದಲ್ಲ. ಬುದ್ಧಿಜೀವಿ Aಯ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಯಾರುತಾನೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲು ಬಯಸುತ್ತಾರೆ?)

ಹೀಗೆ Aಯು ಗುರುತ್ವವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ತೀರ್ಮಾನಿಸುವನು. ಆತನು ಜೇಬಿನಿಂದ ಒಂದು ಸೀಮೆಸುಣ್ಣ ಹೊರತೆಗೆದು ತನ್ನ ಕಣ್ಣುಗಳ ನೇರಕ್ಕೆ ಮೇಲೆತ್ತಿ ಅದನ್ನು ಬೀಳಗೊಡುತ್ತಾನೆ. ಆತನು ಕಾಣುವುದೇನು ? ಎತ್ತುಗದ ನೆಲದ ಕಡೆಗೆ ಸೀಮೆಸುಣ್ಣದ ಚೂರು ಕೆಳಕ್ಕೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವುದನ್ನು ಆತನು ನೋಡುವನೆ? ಅದು ಆಗಲು ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯ? ಆತನು ತಾನೇ ಮುಕ್ತನಾಗಿ ಬೀಳುತ್ತಿದ್ದಾನೆ, ಅಂದರೆ ಆತನ ಕಣ್ಣುಗಳು ಈ ಸೀಮೆಸುಣ್ಣದ ಚೂರಿನಷ್ಟೇ ಜವ ಮತ್ತು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಪಡೆದಿವೆ. ಸೀಮೆಸುಣ್ಣದ ಚೂರು ಕೆಳಗೆ ಬೀಳುತ್ತಿರುವಂತೆಯೇ ಆತನು ತನ್ನ ಕಣ್ಣುಗಳೊಡನೆ ಅಷ್ಟುದೂರ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಬೀಳುವನು. ಹೀಗಾಗಿ ಆತನ ಕಣ್ಣುಗಳು ಮತ್ತು ಸೀಮೆಸುಣ್ಣದ ಚೂರಿನ ಮಧ್ಯದ ಊರ್ಧ್ವ ನೇರದ ದೂರ ಬದಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆತನ ಕಣ್ಣುಗಳ ಮುಂದೆ ಸೀಮೆಸುಣ್ಣದ ಚೂರು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಸಮತೋಲನಗೊಂಡಿರುವುದನ್ನು ಆತನು ಕಾಣುವನು. ಆತನಿಗೆ ಸೀಮೆಸುಣ್ಣದ ಚೂರು ಕೆಳಗೆ ಬೀಳುತ್ತಿಲ್ಲ ಆದರೆ ಆತನ ಕಣ್ಣುಗಳ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ವಿಶ್ರಾಂತಗೊಂಡಿರುವುದು. ಆತನಿಗೆ ಪ್ರಾಯಶಃ ಆಶ್ಚರ್ಯವಾಗುತ್ತಿರಲೂಬಹುದು : ಏನು ಭೂಮಿಯು ರಜದ ಮೇಲೆ ಹೋಗಿರುವುದೆ? ಅದು ಏಕೆ ಈ ಸೀಮೆಸುಣ್ಣದ ಚೂರನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತಿಲ್ಲ? ಭೂಮಿಯು ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಾಯವಾಗಿದೆ. ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಸೀಮೆಸುಣ್ಣದ ಚೂರು ಸಹ ಒಂದು ಕಾಯ. A ವೀಕ್ಷಕನಿಗೆ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಈ ಎರಡು ಕಾಯಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತಿಲ್ಲ.

ಆದರೆ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿರುವ ಬೇರೊಬ್ಬ B ಗಣಿತಜ್ಞನು ಅವುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಆಕರ್ಷಿಸುವುವೆಂದು ವಾದಿಸುವನು. Bಗೆ, ಸೀಮೆಸುಣ್ಣದ ಚೂರು ಭೂಮಿಯ ಕಡೆಗೆ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಬೀಳುತ್ತಿರುವುದು. ಎತ್ತುಗ ಮತ್ತು ಆದ್ದರಿಂದ A ವೀಕ್ಷಕ ಸಹ ಭೂಮಿಕಡೆಗೆ ಕೆಳಮುಖನಾಗಿ ಮುಕ್ತವಾಗಿ ಬೀಳುತ್ತಿರುವುದಾಗಿ B ವೀಕ್ಷಕನಿಗೆ ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ. A ಮತ್ತು B ವೀಕ್ಷಕರು ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆ ಹೊಂದಿರುವರೆಂದೆ ಇದರ ಅರ್ಥ. ಆದ್ದರಿಂದ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ವಸ್ತುಗಳ ಸಂಗತಿಯನ್ನು ವಿವಿಧ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸುವ ಸಾಪೇಕ್ಷಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಇಬ್ಬರು ವೀಕ್ಷಕರನ್ನು ನಾವು ಊಹಿಸಬಹುದು. ಕಾಯಗಳು ಬೀಳುತ್ತಿಲ್ಲವೆಂದು A ಹೇಳುವನು, B ಹೇಳುತ್ತಾನೆ ಅವು ಬೀಳುತ್ತಿವೆಯೆಂದು. ಹೀಗೆ ನಮ್ಮ ನಿರೂಪಣೆಯಲ್ಲಿ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಸೇಬುಗಳ ಪ್ರಕೃತಿ ಘಟನೆಯು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವೇನಲ್ಲ. ನ್ಯೂಟನ್‌ನು ನೀಡಿರುವ ಗುರುತ್ವನಿಯಮದ ನಿರೂಪಣೆಯು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ ಕಲ್ಪನಾಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ದೃಷ್ಟಾಂತಗೊಳಿಸಿರುವಂತೆ ಸಾಪೇಕ್ಷತ್ವದ ಒರೆಗಲ್ಲಿನ ಪರೀಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ತೇರ್ಗಡೆಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲ.

ಅದಕ್ಕೇನು? ಹೀಗೆಂದರೆ ಗುರುತ್ವವು ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿಲ್ಲ ಎಂದು ಅರ್ಥವೇ? ಸರಿ, ಒಬ್ಬ ಒಂದು ಕಲ್ಲನ್ನು ಊರ್ಧ್ವನೇರದಲ್ಲಿ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಕೇವಲ ಎಸೆಯಬೇಕು ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವವು ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿದೆಯೆಂಬುದನ್ನು ತಲೆಯಮೇಲೆ ನೇರ ಸಾಕ್ಷ್ಯಾಧಾರಪಡೆಯಲು ಎಸೆದ ಸ್ಥಳದಿಂದ ದೂರ ಚಲಿಸಬಾರದು. (ಇದನ್ನು ಸಹ ಒಂದು ಕಲ್ಪನಾ ಸಾಕ್ಷ್ಯಾಧಾರವಾಗಿ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು, ಯೋಚಿಸುವ ಸಾಕ್ಷ್ಯಾಧಾರ, ಆದರೆ ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವಂತಹುದಲ್ಲ!)

A ಮತ್ತು B ಇಬ್ಬರೂ ಒಂದೇ ವಿಧವಾದ ರೀತಿ ಗುರುತ್ವಘಟನೆಯನ್ನು ವಿವರಿಸುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಗುರುತ್ವವನ್ನು ಪುನರ್ ವ್ಯವಸ್ಥಾಪಿಸಬೇಕೆಂಬುದೇ ಇದರ ಅರ್ಥ.

ಜಾಮಿತೀಯ ಸಮಸ್ಯೆ

ಹಿಂದಿನ ವಿಭಾಗದ ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ ಉಲ್ಲೇಖಿಸಿದಂತೆ ಗುರುತ್ವನಿಯಮದ ಪುನರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಸಮಸ್ಯೆಯು ಆವಶ್ಯಕವಾಗಿಯೂ ಜಾಮಿತಿಯ ಒಂದು ಸಮಸ್ಯೆಯಾಗಿದೆಯೆಂಬುದನ್ನು ನೋಡಲೋಸುಗ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಎತ್ತುಗದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ ಕಲ್ಪನಾ ಪ್ರಯೋಗದ ಕಡೆ ಪುನಃ ಗಮನವೀಯೋಣ.

ನಮ್ಮ ಗಮನವನ್ನು A ವೀಕ್ಷಕನ ಮೇಲೆ ನಿಗದಿಮಾಡೋಣ. ಆತನು ತನ್ನ ಕಣ್ಣುಗಳ ಮುಂಭಾಗದಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಸಮತೋಲನಗೊಂಡ ಸೀಮೆಸುಣ್ಣದ ಚೂರನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುತ್ತಾನೆ. Aಯು ಮಟ್ಟನೇರದಲ್ಲಿ ಆತನ ಕಣ್ಣುಗಳಾಚೆಗೆ ಸೀಮೆಸುಣ್ಣಕ್ಕೆ ಒಂದು ಬಲ ಆರೋಪಿಸುವನೆಂದು ನಾವು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳೋಣ. ಆಗ ಸೀಮೆಸುಣ್ಣದ ಚೂರು ಆತನಿಂದ ದೂರ ಒಂದು ಸರಳರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದೇಸಮನಾಗಿ ಚಲಿಸುವುದನ್ನು ಮತ್ತು ಆತನ ಕಣ್ಣುಗಳ ಮಟ್ಟನೇರದ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಎತ್ತುಗದ ಎದುರು ಗೋಡೆಯನ್ನು ತಾಗುವುದನ್ನು ಆತನು ಕಾಣುವನು.

ಅನಂತರ ನಾವು B ವೀಕ್ಷಕನಲ್ಲಿಗೆ ಹೋಗಿ ಆತನು ದಾಖಲೆ ಮಾಡಿರುವುದೇನೆಂಬುದನ್ನು ನೋಡೋಣ. ಸೀಮೆಸುಣ್ಣದ ಚೂರು ಮುಂದಕ್ಕೂ ಹಾಗು ಕೆಳಕ್ಕೂ ಚಲಿಸಿರುವುದನ್ನು Bಯು ಕಂಡಿರುತ್ತಾನೆ. ಹೀಗೆ ಆತನು ಪಥವು, ಒಂದು ವಕ್ರರೇಖೆಯಾಗಿರುವುದನ್ನು, ವಾಸ್ತವಾಗಿ, ಒಂದು ಪ್ಯಾರಾಬೋಲ ಆಗಿರುವುದನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿರುವನು.

ಈಗ ಆಶ್ಚರ್ಯಪಡುವುದು ನಮ್ಮ ಪಾಲಿನದು. ಸೀಮೆಸುಣ್ಣ ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಒಂದು ಸರಳರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಅಥವಾ ಒಂದು ಪ್ಯಾರಾಬೋಲದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವುದೆ?

ನ್ಯೂಟನ್ನಿನ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಗುರುತ್ವವನ್ನು ಅನುಭವಿಸುವ B ವೀಕ್ಷಕನು ಕೆಲವು ವಸ್ತುಗಳ ಪಥಗಳು ಪ್ಯಾರಬೋಲಗಳಾಗಿರಬೇಕೆಂದು ಕಾಣುವನು. ನ್ಯೂಟನ್ನಿನ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಗುರುತ್ವವನ್ನು ಅನುಭವಿಸದ A ವೀಕ್ಷಕನು ಅದೇ ವಸ್ತುಗಳ ಪಥಗಳು

ಸರಳ ರೇಖೆಗಳಾಗಿರುವುದನ್ನು ಕಾಣುವನು. ಇಬ್ಬರು ವೀಕ್ಷಕರಿಂದ ವೀಕ್ಷಸಲ್ಪಟ್ಟ ಗುರುತ್ವಘಟನೆಯಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಣಾ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಆ ಎರಡು ವೀಕ್ಷಕರಿಂದ ರೇಖೆಗಳ ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ಅರ್ಥ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಹ ಪ್ರತಿ ಫಲಿತ ಗೊಂಡಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಗುರುತ್ವ ಸಂದರ್ಭದ ವೀಕ್ಷಣೆಯು, ಕೆಲವು ಸಂಕೀರ್ಣರೀತಿ ಯಲ್ಲಿ, ಸಂದರ್ಭವನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಜ್ಯಾಮಿತಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದೆ ಯೆಂಬುದು ಕಾಣುವುದು. A ಮತ್ತು B ವೀಕ್ಷಕರೀರ್ವರಿಗೂ ತದ್ರೂಪವಾಗಿರುವ ಗುರುತ್ವ ನಿಯಮದ ವಿವರಣೆಗೆ ನಾವು ಹುಡುಕುತ್ತಲಿದ್ದೇವೆ. ಗುರುತ್ವಘಟನೆಯನ್ನು ವಿವರಿಸುತ್ತಿರುವುದಕ್ಕಾಗಿ A ಮತ್ತು B ಈರ್ವರಿಂದಲೂ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಜ್ಯಾಮೀ ತೀಯ ತದ್ರೂಪತೆಯನ್ನು ನಿಗದಿಮಾಡಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತಾ ನಾವು ಅದನ್ನು ಮಾಡ ಬಲ್ಲೆವೆ? ನಾವು ಮಾಡಬಲ್ಲೆವು; ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಮಾಡಿದುದೇ ಅದು.

ಆದ್ದರಿಂದ, ಸಾಪೇಕ್ಷೀಯವಾಗಿ ನಿಯತವಾಗಿರುವ ಗುರುತ್ವವಾದದ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಯಂತಹ ಒಂದು ಕಾರ್ಯಕ್ರಮ ಹೇಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನಿಂದ ಸಫಲವಾಗಿ ಪೂರ್ಣಗೊಂಡಿ ತೆಂಬುದನ್ನು ನೋಡಲು ವಿವಿಧ ಜಾಮಿತಿಯ ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ವಿವರಗಳನ್ನು ಈ ಕೆಳಗೆ ನೋಡೋಣ.

ಯೂಕ್ಲಿಡ್ ಜಾಮಿತಿ

ಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಅಧ್ಯಯನಮಾಡುವ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯೇ ಯೂಕ್ಲಿಡ್‌ಜ್ಯಾಮಿತಿ. ಕೆಲವೆರಡು ಸಾವಿರವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಗ್ರೀಕ್‌ಜ್ಯಾಮಿತಜ್ಞ ಯೂಕ್ಲಿಡನು ಆತನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಗೊತ್ತಿದ್ದ ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಾಚೀನ ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ಎಲ್ಲಾ ತಿಳುವಳಿಕೆಯನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ, ಅದನ್ನು ಸಂಘಟಿಸಿ ಯೂಕ್ಲಿಡ್‌ನ ಧಾತುಗಳೆಂಬ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಬರೆದಿಟ್ಟನು. ಈ ಪುಸ್ತಕಗಳು ಇಷ್ಟು ವರ್ಷಗಳವರೆಗೂ ಹೆಚ್ಚುಕಡಿಮೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತಾ ಬಂದಿವೆ. ಆದರೆ ಈ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಿರುವ ಜ್ಯಾಮಿತಿ ಯನ್ನು ಕೇವಲ ಯೂಕ್ಲಿಡನು ಅಂದು ಪ್ರಚಲಿತವಾಗಿದ್ದ ತಿಳುವಳಿಕೆಯನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ ಅದನ್ನು ಒಂದು ಸಂಘಟಿತ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಮಾಡಿಸಿದನೆಂಬ ಕಾರಣದಿಂದಲೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಯೂಕ್ಲಿಡ್ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯೆಂದು ಕರೆಯುವುದಿಲ್ಲ. ಯೂಕ್ಲಿಡ್ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚಿನದನ್ನು ಮಾಡಿದ್ದಾನೆ. ಆತನು ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ಪ್ರಮೇಯಗಳ ಅಗಾಧಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿ ಈ ಎಲ್ಲಾ ಪ್ರಮೇಯಗಳನ್ನೂ ಒಂದು ಪ್ರಮಾಣ ಸೂತ್ರಗಳ (Axioms) ಗಣದಿಂದ ಅನುಮತಿಗೊಳಿಸಬಹುದೆಂಬುದನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದನು. ಈ ಪ್ರಮಾಣ ಸೂತ್ರಗಳನ್ನು ಬದಲಾಗಿ, "ಪಡೆಯ"ಲಾಗಲಿ ಅಥವಾ "ಸಾಧಿಸ"ಲಾಗಲಿ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಪ್ರಾರಂಭದಲ್ಲಿ ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಆತನ ಧಾತುಗಳ ಪ್ರಾರಂಭದಲ್ಲಿ ಯೂಕ್ಲಿಡನು ಸಾಧಿಸದಿರುವ ಐದು ಪ್ರಮಾಣ 'ಸೂತ್ರ ಗಳನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಿದನು ಮತ್ತು ಅನೇಕ ಪ್ರಮೇಯಗಳನ್ನು ಈ 'ಸೂತ್ರಗಳಿಂದ

ಅನಂತರ ತರ್ಕಬದ್ಧವಾಗಿ ಪಡೆದನು. ಆತನ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ಮಂಡಿಸಿದ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ಇಡೀ ಸೌಧವು ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಐದು ಪ್ರಮಾಣಸೂತ್ರಗಳ ಆಯ್ಕೆಯ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿದೆಯೆಂಬುದನ್ನು ಆತನು ಚೆನ್ನಾಗಿ ತಿಳಿದಿದ್ದನು. ಯೂಕ್ಲಿಡ್‌ನಿಂದ ಆಯ್ಕೆಗೊಂಡ ಪ್ರಮಾಣ ಸೂತ್ರಗಳ ಮೇಲೆ ಆಧಾರಗೊಂಡ ತರ್ಕಬದ್ಧ ಜ್ಯಾಮಿತಿಗೆ ಯೂಕ್ಲಿಡ್ ಜ್ಯಾಮಿತಿ ಎಂಬ ಹೆಸರನ್ನು ನೀಡಿರುವ ಕಾರಣವೇ ಇದು.

ಯೂಕ್ಲಿಡಿಯನ್ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ಧಾತುಗಳು

1. ಒಂದು ಬಿಂದುವಿಂದ ಇನ್ನೊಂದು ಬಿಂದುವಿಗೆ ಒಂದೇ ಒಂದು ಸರಳ ರೇಖೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಎಳೆಯಬಹುದು.

2. ಒಂದು ಪರಿಮಿತ ಸರಳರೇಖೆಯನ್ನು ಸರಳರೇಖೆಯಾಗಿಯೆ ಎರಡೂಕಡೆಗೆ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ವೃದ್ಧಿಸಬಹುದು.

3. ಕೇಂದ್ರ ಮತ್ತು ತ್ರಿಜ್ಯಗಳೆಂಬ ಎರಡು ಅಂಶಗಳನ್ನು ಕೊಟ್ಟರೆ ಒಂದೇ ಒಂದು ವೃತ್ತವನ್ನು ಮಾತ್ರ ರಚಿಸಬಹುದು.

4. ಎಲ್ಲ ಲಂಬಕೋನಗಳೂ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

5. ಒಂದು ಸರಳರೇಖೆಗೆ ಅದರ ಹೊರಗಿರುವ ಯಾವುದೆ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿಂದ ಒಂದೇ ಒಂದು ಸಮಾಂತರ ಸರಳರೇಖೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಎಳೆಯಬಹುದು.

ನಾವು ಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಅಧ್ಯಯನಮಾಡುವ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯು ಯೂಕ್ಲಿಡ್ ಜ್ಯಾಮಿತಿ. ಒಂದು ಪ್ರಶ್ನೆ ಸಹಜವಾಗಿ ಉದ್ಭವಿಸುವುದು. ಯೂಕ್ಲಿಡಿಯನ್ ಅಲ್ಲದ ಜ್ಯಾಮಿತಿಗಳು ಇವೆಯೆ? ಯೂಕ್ಲಿಡನ ಐದು ಪ್ರಮಾಣ ಸೂತ್ರಗಳನ್ನು ತ್ಯಜಿಸಿ ಅವುಗಳ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಸೂತ್ರಗಳ ಗುಂಪನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿದ್ದಾದರೆ ಏನಾಗುವುದು? ನಿಜ, ಒಂದು ವಿಷಯ ಸತ್ಯವಾಗಿದೆ. ಬೇರೊಂದು ಸೂತ್ರದ ಗುಂಪನ್ನು ಆಯ್ಕೆಮಾಡುವುದೇ ಸಾಲದು. ಯಾರೊಬ್ಬರೂ ಈ ಪ್ರಮಾಣಸೂತ್ರಗಳನ್ನು ಸಮಂಜಸವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿ ಅವುಗಳಿಂದ ಪರಸ್ಪರ ವಿರೋಧವಾಗಿರದ ಪ್ರಮೇಯಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬೇಕು. ಯೂಕ್ಲಿಡಿಯನ್ ಅಲ್ಲದ ಜ್ಯಾಮಿತಿಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಅಂತಹ ಎರಡು ಸಫಲ ಪ್ರಯತ್ನಗಳನ್ನು ನಾವು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸೋಣ.

ಸಮಾನಾಂತರ ಸ್ವಯಂಸೂತ್ರ (Parallel Postulate)

ಸಮಾನಾಂತರ ಸ್ವಯಂಸೂತ್ರವೆಂದು ಹೆಸರು ಪಡೆದಿರುವ ಕೆಳಗೆ ನೀಡಿರುವ ಸೂತ್ರ ಯೂಕ್ಲಿಡನ ಐದು ಸೂತ್ರಗಳಲ್ಲೊಂದಾಗಿದೆ.

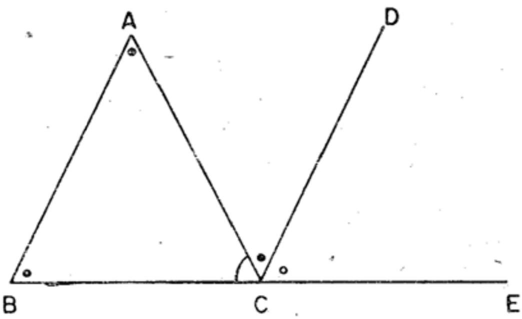
ಒಂದು ಸರಳರೇಖೆ ಮತ್ತು ಅದರಿಂದ ಹೊರಗಿನ ಒಂದು ಬಿಂದು ಕೊಟ್ಟರೆ, ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಬಿಂದುವಿನ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗುವಂತೆ ಮತ್ತು ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಸರಳರೇಖೆಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ಸರಳರೇಖೆಯನ್ನು ಎಳೆಯಬಹುದು.

ತನ್ನ ಸ್ವಯಂಸೂತ್ರದಿಂದ ಯೂಕ್ಲಿಡನಿಗೆ ಸಂತೋಷವಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಉಳಿದ ನಾಲ್ಕು ಪ್ರಮಾಣಸೂತ್ರಗಳಿಂದ ಮತ್ತು ಈ ನಾಲ್ಕು ಸೂತ್ರಗಳಿಂದ ಪಡೆದ ಪ್ರಮೇಯುಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಈ ಸಮಾನಾಂತರ ಸ್ವಯಂಸೂತ್ರವನ್ನು ಒಂದು ಪ್ರಮೇಯದಂತೆ ಸಾಧಿಸಬಹುದೆಂಬುದಾಗಿ ಆತನು ಯೋಚಿಸಿದ್ದನು. ಈ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಪ್ರಯತ್ನಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದನು. ಆದರೆ ವಿಫಲಗೊಂಡನು. ಆಮೇಲೆ ಮಾತ್ರವೇ ಅಸಂತುಷ್ಟತೆಯಿಂದ ಈ ಸ್ವಯಂಸೂತ್ರವನ್ನು ತನ್ನ ಸಾಧಿಸಲಾಗದ ಸೂತ್ರಗಳ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಿದನು. ಯೂಕ್ಲಿಡನ ಅನಂತರ ಸುಮಾರು ಎರಡುಸಾವಿರ ವರ್ಷಗಳವರೆಗೂ ಈ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ವಯಂಸೂತ್ರವು ಅನೇಕ ಜ್ಯಾಮಿತಜ್ಞರಿಂದ ಅಧ್ಯಯನಮಾಡುವ ವಿಷಯವಾಗಿದ್ದಿತು. ಈ ಸ್ವಯಂಸೂತ್ರವನ್ನು ಬೇರೊಂದರಿಂದ ಬದಲಾಯಿಸಿ ಒಂದು ಸ್ವಯಂ ಪ್ರಮಾಣಜ್ಯಾಮಿತಿ ಬೆಳೆಸಲು ಅನೇಕರು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದರು. ಅಂತಹ ಮೊದಲ ಸಫಲಪ್ರಯತ್ನವೇ 1820ರಲ್ಲಿ ಗಣಿತಜ್ಞ ಲೊಬಾಚೆವ್ಸ್ಕಿ ಮಾಡಿದುದು. ಆತನು ಯೂಕ್ಲಿಡನ ಮೊದಲಿನ ನಾಲ್ಕು ಪ್ರಮಾಣಸೂತ್ರವನ್ನು ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳಿಸದೆ ಬಿಟ್ಟನು ಆದರೆ ಐದನೆಯದನ್ನು ಈ ಕೆಳಕಂಡುದುದರಿಂದ ಬದಲಾಯಿಸಿದನು :

'ಒಂದು ಸರಳರೇಖೆ ಮತ್ತು ಆದರಿಂದ ಹೊರಗಿನ ಒಂದು ಬಿಂದುಕೊಟ್ಟರೆ ಕೊನೆಯಪಕ್ಷ ಎರಡು ಸರಳರೇಖೆಗಳನ್ನು ದತ್ತಸರಳರೇಖೆಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ದತ್ತಬಿಂದುವಿನ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗುವಂತೆಯೂ ಎಳೆಯಬಹುದು.'

ಲೊಬಾಚೆವ್ಸ್ಕಿಗೆ ಈ ಸ್ವಯಂಸೂತ್ರಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಸಮಂಜಸ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯನ್ನು ಬೆಳೆಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಆತನ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ಮೊದಲನೆ ನಿರೂಪಣೆಗಳಲ್ಲೊಂದೆಂದರೆ ಒಂದು ಸರಳರೇಖೆ l ಮತ್ತು ಅದರ ಹೊರಕ್ಕೆ ಒಂದು ಬಿಂದು O ಕೊಟ್ಟಾಗ lಗೆ ಸಮಾನಾಂತವಾಗಿ O ಮೂಲಕ ಎರಡು ಸಮಾನಾಂತರ ಸರಳರೇಖೆಗಳನ್ನು ಎಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ, ಆಗ O ಮೂಲಕ ಅಂತಹ ಮೂರು ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಎಳೆಯಬಹುದು. l ಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ O ಮೂಲಕ ಮೂರು ಸಮಾನಾಂತರ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಎಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ ಆಗ ನಾಲ್ಕು ಅಂತಹ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಎಳೆಯಬಹುದು ಮತ್ತು ಇನ್ನೂ ಮುಂತಾಗಿ. ಹೀಗೆ ಒಂದು O ಹೊರ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ದತ್ತರೇಖೆ lಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ಒಂದು ಅನಂತಸಂಖ್ಯೆಯ ಸರಳರೇಖೆಗಳನ್ನೆಳೆಯಬಹುದು.

ಲೊಬಾಚೆವ್ಸ್ಕಿಯ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯು ಯಾಕ್ಲಿಡನ ಜ್ಯಾಮಿತಿಗಿಂತ ತೀರಾ ಭಿನ್ನವಾದುದೆಂದು ತಿಳಿಯಲು ಕಷ್ಟಪಡಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ಒಂದು ನಿದರ್ಶನಕ್ಕಾಗಿ ಒಂದು ತ್ರಿಭುಜದ ಮೂರು ಕೋನಗಳ ಮೊತ್ತದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಚೆನ್ನಾಗಿ ತಿಳಿದಿರುವ ಪ್ರಮೇಯವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಯೂಕ್ಲಿಡನ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ಪ್ರಕಾರ ಈ ಮೊತ್ತವು ಎರಡು ಸಮಕೋನಗಳಾಗಿರುವುದು. ಯೂಕ್ಲಿಡನ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ಈ ಪ್ರಮೇಯದ ಸಾಧನೆಯನ್ನು ನಾವು ಜ್ಞಾಪಕಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ BCಅನ್ನು Eವರೆಗೆ ವೃದ್ಧಿಸುವುದರ ಮೇಲೆ ಮತ್ತು ABಗೆ CDಅನ್ನು ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ಎಳೆಯುವುದರ ಮೇಲೆ ಸಾಧನೆ ಅವಲಂಬಿಸಿದೆಯೆಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. (ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರ ನೋಡಿ) ಈಗ ABಯೂ ಒಂದು ಸರಳರೇಖೆ ಮತ್ತು Cಯು ಒಂದು ಹೊರಬಿಂದುವಾಗಿದೆ. ಯೂಕ್ಲಿಡನ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯಲ್ಲಿ Cಯಿಂದ ಒಂದೇ ಒಂದು ಸರಳರೇಖೆ CDಅನ್ನು ABಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ಎಳೆಯಬಹುದು ಮತ್ತು ಈ ಪ್ರಮೇಯದ ಪರಿಚಿತ ಸಾಧನೆಯನ್ನು ನೀಡಬಹುದು. ಆದರೆ Cಯಿಂದ ABಗೆ ಎರಡು ಸರಳರೇಖೆಗಳನ್ನು ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ಎಳೆದರೆ ಈ ಸಾಧನೆಯ ಸ್ಥಾನ ವೇನಾಗುವುದು?



ಲೊಬಾಚೆವ್ಸ್ಕಿ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯಲ್ಲಿ ತ್ರಿಕೋನದ ಮೂರು ಕೋನಗಳ ಮೊತ್ತಕ್ಕೆ ಅನುರೂಪ ನಿರೂಪಣೆಯೆಂದರೆ: ಒಂದು ತ್ರಿಕೋನದ ಮೂರುಕೋನಗಳ ಮೊತ್ತವು ಯಾವಾಗಲೂ ಎರಡು ಸಮಕೋನಗಳಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದು.

ಈ ಘಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಯಾರೊಬ್ಬರೂ ಒಂದು ಪ್ರಶ್ನೆ ಎತ್ತಬಹುದು. ಎರಡು ಜ್ಯಾಮಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯು ಸರಿಯಾದುದು? ಆದರೆ, ಒಂದು ನಿಮಿಷ ತಡೆಯಿರಿ. 'ಸರಿಯಾದ' ಜ್ಯಾಮಿತಿ ಎಂದು ಹೇಳಿದರೆ ಅರ್ಥವೇನು? ಸದ್ಯದಲ್ಲಿ ನಾವು ವಿಚಾರ ಮಾಡುತ್ತಿರುವುದು ಗಣಿತವಿಜ್ಞಾನ ಆದರೆ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ನಾವು

ಜ್ಞಾಪಕದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಗಣಿತವಿಜ್ಞಾನದ ನಿರೂಪಣೆಗಳಿಗೆ ಪ್ರಯೋಗಮಂದಿರದ ಪರೀಕ್ಷೆಗಳಿಲ್ಲ. ಗಣಿತವಿಜ್ಞಾನದ ನಿರೂಪಣೆಗಳು ಕೆಲವು ಕಲ್ಪನಾ ಫಲಿತಾಂಶಗಳ ಗಣದ ಮೇಲೆ ಮತ್ತು ತರ್ಕವೆಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ ಸಾಮಾನ್ಯ ಪ್ರಜ್ಞೆಯ ಕಲ್ಪನೆಯಲ್ಲಿ ಆಧಾರಗೊಂಡ ಮಾನವನ ಮನಸ್ಸಿನ ಸ್ವಯಂ–ಸಮಂಜಸ ದೃಷ್ಟಿಗಳಾಗಿವೆ. ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ಒಂದು ತ್ರಿಕೋನವು ಒಂದು ಕಾರ್ಯಾಗಾರದಲ್ಲಿ ರಚಿಸತಕ್ಕುದಲ್ಲ. ಅದು ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ (ಭೌತಿಕವಲ್ಲ) ರಚನೆಗಳಿಂದ ಮಾತ್ರ ರಚಿಸಲು ಸಾಧ್ಯ. ಆ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ಯಾವ ಸ್ವಯಂ–ಸಮಂಜಸ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯೂ ಮತ್ತಾವುದಾದರೊಂದರಂತೆಯೇ ಸರಿಯಾಗಿರುವುದು.

ಈ ಜ್ಯಾಮಿತಿಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಹೆಚ್ಚಿನ ಅರ್ಥವತ್ತಾದ ಪ್ರಶ್ನೆಯೆಂದರೆ ಈ ಕೆಳಕಂಡುದು: ಎರಡು ಜ್ಯಾಮಿತಿಗಳಲ್ಲಾವುದು ಹೆಚ್ಚು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿದೆ? ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರ ನೀಡುವುದೇ ಈ ಲೇಖನದ ಅಂತಿಮ ಉದ್ದಿಶ್ಯವಾಗಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಮ್ಮ ಚರ್ಚೆಗಳ ಅಂತಿಮಕ್ಕೆ ಬರುವವರೆಗೂ ನಾವು ಕಾಯೋಣ.

ರೀಮಾನ್ ಜ್ಯಾಮಿತಿ

ಸಮಾನಂತರ ನಿರೂಪಣೆಗೆ ಪುನಃ ನಾವು ಹಿಂತಿರುಗೋಣ. I ಎಂಬುದು ದತ್ತರೇಖೆ ಮತ್ತು O ಎಂಬುದು ಅದರಿಂದ ಹೊರಗಿನದತ್ತಬಿಂದು. Iಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ O ಮೂಲಕ ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಸರಳರೇಖೆಗಳನ್ನು ಎಳೆಯಬಹುದೆಂದು ಲೊಬಾಚೆವ್ಸ್ಕಿ ಊಹಿಸಿಕೊಂಡನು. ವಿಚಾರಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸಂಗತಿಮಾತ್ರ ಹಾಗೆಯೆ ಉಳಿದಿತ್ತು. ಹತ್ತೊಂಬತ್ತನೆ ಶತಮಾನದ ಮಧ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿ ರೀಮಾನನು ಯೂಕ್ಲಿಡನ ಮೊದಲ ನಾಲ್ಕು ಸೂತ್ರಗಳನ್ನು ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡನು ಆದರೆ ಆತನ ಐದನೆಯ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಈ ಕೆಳಕಂಡುದದರಿಂದ ಬದಲಾಯಿಸಿದನು.

'ಒಂದು ಸರಳರೇಖೆ ಮತ್ತು ಅದರ ಹೊರಗಿನ ಒಂದು ಬಿಂದು ಕೊಟ್ಟರೆ, ದತ್ತಬಿಂದುವಿನ ಮೂಲಕ ದತ್ತರೇಖೆಗೆ ಯಾವ ರೇಖೆಯನ್ನೂ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ಎಳೆಯಲಾಗದು.'

ಈ ನಿರೂಪಣೆಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಸ್ವಯಂ–ಸಮಂಜಸವಾದ ತರ್ಕಬದ್ಧ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಆತನು ರಚಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಹೀಗೆ ರೀಮಾನಿಯನ್ ಜಾಮಿತಿಯಲ್ಲಿ ಸಮಾನಾಂತರ ಸರಳರೇಖೆಗಳೇ ಇಲ್ಲ; ಬೇರೆ ಮಾತಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಎಲ್ಲಾ ಸರಳರೇಖೆಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಛೇದಿಸುವ ಸರಳರೇಖೆಗಳಾಗಿರಬೇಕು.

ಪರಿಚಿತ ಯುಕ್ಲಿಡಿಯನ್ ಜಾಮಿತಿ ಅಥವಾ ಲೊಬಾಚೆವ್ಸ್ಕಿಯ ಜಾಮಿತಿಯಿಂದ ಈ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯು ಹೇಗೆ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಬೇರೆಯೆಂಬುದನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು, ಈ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯಲ್ಲಿ ತ್ರಿಕೋನ ಪ್ರಮೇಯವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ.

ರೀಮಾನಿಯನ್ ಜಾಮಿತಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ತ್ರಿಕೋನದ ಮೂರು ಕೋನಗಳ ಮೊತ್ತ ಯಾವಾಗಲೂ ಎರಡುಸಮಕೋನಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದು.

ಆದಾಗ್ಯೂ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ವಾಸಿಸುವ ನಾವು ರೀಮಾನಿಯನ್ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯಲ್ಲಿ ಹೊಸದೇನನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ ಗೋಳದ ಮೇಲಿನ ಜಾಮಿತಿಯು ಯೂಕ್ಲಿಡಿಯನ್ ಆಗಿರಲಾರದು, ಆದರೆ ರಿಮಾನಿಯನ್ನೇ ಆಗಿರಬೇಕು.

ನಿರೂಪಣೆಯಿಂದ, ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸುವ ಸರಳರೇಖೆಯು ಈ ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳ ನಡುವಣ ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಟ ದೂರವಾಗಿರಬೇಕು. ಈಗ ಒಂದು ಗೋಳದ ಮೇಲಿನ ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳ ಕನಿಷ್ಠದೂರವು ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸುವ ಮಹಾ ವೃತ್ತದ ಕಂಸದಮೇಲಿರುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಗೋಳದ ಮೇಲಿನ ಒಂದು 'ಸರಳರೇಖೆ'ಯು ಒಂದು ಮಹಾವೃತ್ತವಾಗಿರುವುದು. ಈಗ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಒಂದು ಮಹಾವೃತ್ತಕ್ಕೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ಮತ್ತೊಂದು ಮಹಾವೃತ್ತವನ್ನು ಎಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಯಾರೊಬ್ಬರೂ ಒಂದು ಸಮಾನಾಂತರ ಅಲ್ಪ ವೃತ್ತ ಎಳೆಯಬಹುದು, ಆದರೆ ಒಂದು ಸಮಾನಾಂತರ ಮಹಾವೃತ್ತವನ್ನಲ್ಲ. ಹೀಗೆ ಯಾರೊಬ್ಬರೂ ಒಂದು ಸಮಾನಾಂತರ 'ರೇಖೆ' ಎಳೆಯಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದ್ದರೆ ಅವರಿಗೆ ಮಹಾವೃತ್ತ ದೊರಕಲಾರದು, ಅಂದರೆ, ಅವರಿಗೆ "ನೇರ" ರೇಖೆ ಸಿಗುವುದಿಲ್ಲ. ಗೋಳದ ಮೇಲಿನ ಯಾವುದಾದರು ಎರಡು ಮಹಾವೃತ್ತಗಳು ಛೇದಿಸಲೇಬೇಕು. ಗೋಳದಮೇಲೆ ಸಮಾನಾಂತರ ಮಹಾವೃತ್ತಗಳೇ ಇಲ್ಲ ಮತ್ತು ಆದ್ದರಿಂದ ಗೋಳದ ಮೇಲಣ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯಲ್ಲಿ ಸಮಾನಾಂತರ ಸರಳ ರೇಖೆಗಳೇ ಇಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಜ್ಯಾಮಿತಿ ರೀಮಾನಿಯನ್ ಆಗಿರಲೇಬೇಕು.

ಹಾಗಿದ್ದರೆ ಭೂಮಿಯ ತಲದ ಮೇಲಿನ ದೂರಗಳನ್ನು ಇತರ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಅಳತೆಗಳಿಗೆ ಮತ್ತು ಸರ್ವೇ ಮಾಡಲು ನಾವು ಹೇಗೆ ಯೂಕ್ಲಿಡಿಯನ್ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯನ್ನು ಬಹುಸರಾಗವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವೆ? ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಕಾಲ್ಚೆಂಡಾಟದ ಮೈದಾನಸಮತಲವಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಸರಳರೇಖೆಗಳನ್ನು ಎಳೆಯುವುದು "ನೇರ"ವಾಗಿ, ಆದರೆ ಮಹಾವೃತ್ತಗಳಂತೆ ವಕ್ರವಾಗಿ ಅಲ್ಲ. ವಾಸ್ತವಾಂಶವಾಗಿ, ಕಾಲ್ಚೆಂಡಾಟದ ಮೈದಾನದ ಮೇಲೆ ಯೂಕ್ಲಿಡಿಯನ್ ಜ್ಯಾಮಿತಿಗಳನ್ನು ನಾವು ಉಪಯೋಗಿಸುವೆವು. ಆದರೆ ಒಂದು ಕಾಲ್ಚೆಂಡಾಟದ ಮೈದಾನವು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಬಹು ಅಲ್ಪ–ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲಾಗದಷ್ಟು ಅಲ್ಪ–ಭಾಗವಾಗಿದೆ. ಹಾಗಲ್ಲದೆ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಣ ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳ ನಡುವಣ ನಿಲುಗಡೆರಹಿತ ವಿಮಾನ ಪ್ರಯಾಣದ ಪಥವನ್ನು ಗುರುತಿಸಿದಾಗ ಆಪಥವು ಸರ್ವಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಒಂದು ಮಹಾವೃತ್ತವಾಗಿರುವುದು. ಗೋಳದ ಮೇಲ್ಮೈನ ಭಾಗವನ್ನು ಮಾತ್ರ ನಾವು ಪರಿಗಣಿಸಿದಾಗ ಗೋಳದ ವಕ್ರತೆಯನ್ನು ತ್ಯಜಿಸಬಹುದು ಮತ್ತು ಇಂತಹ ಚಿಕ್ಕ ಭಾಗವನ್ನು ಮಟ್ಟಸವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು ಹಾಗೂ ಈ ಮಟ್ಟಸದಲ್ಲಿ ನಿಕಟಸ್ಪರ್ಶ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಮಹಾವೃತ್ತಗಳು ಸರಳರೇಖೆಗಳಾಗುವುವು.

ಭೂಮಿಯ ವಕ್ರತಲದ ಮೇಲೆ ಮಟ್ಟಸವಾದ ಕಾಲ್ಚೆಂಡಾಟ ಮೈದಾನದ ಸಾದೃಶವು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನು ಬೆಳಸಿದ ಗುರುತ್ವದ ಬದಲಾಗದ ವಾದವನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೆ ಉಪಯುಕ್ತವಾದ, ರೀಮಾನಿಯನ್ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಗುಣವನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಹಾಯಮಾಡುವುದು. ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಮೇಲ್ಮೈಯಿನ ಭಾಗದ ಅಳತೆಯು ಚಿಕ್ಕದಾದಾಗ ಒಂದು ಗೋಳದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ವಿಸ್ತಾರ ಭಾಗದ ಮೇಲಿನ ರೀಮಾನಿಯನ್ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯು ಯೂಕ್ಲಿಡಿಯನ್ ಜ್ಯಾಮಿತಿಗೆ ಅನುಮಿತಿಗೊಳ್ಳುವುದು.

ಇದು ರೀಮಾನಿಯನ್ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಗುಣ. ಆಕಾಶದ ಯಾವುದಾದರು ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ, ಜ್ಯಾಮಿತಿಯು ರೀಮಾನಿರ್ಯ ಆದರೆ, ಆಗ ಆ ಪ್ರದೇಶದ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನ ಚಿಕ್ಕದಾದ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದಲ್ಲಿ, ರೀಮಾನಿರ್ಯ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯು ಯೂಕ್ಲಿಡಿರ್ಯ ಜ್ಯಾಮಿತಿಗೆ ಅನುಮಿತಿಗೊಳ್ಳುವುದು. ಅದೇ ಗುಣವನ್ನು ಬೇರೊಂದು ರೂಪದಲ್ಲೂ ಹೇಳಬಹುದು. ಆಕಾಶದ ಒಂದು ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯು ರೀಮಾನಿರ್ಯ ಆದರೆ, ಆಕಾಶದ ಆ ಪ್ರದೇಶವು ವಕ್ರವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು. ಈ ವಕ್ರಆಕಾಶದಲ್ಲಿನ ಯಾವುದಾದರು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಆಕಾಶದ ವಕ್ರತೆಯು ಗೌಣವಾಗಿದ್ದರೆ ಮತ್ತು ಆಕಾಶವನ್ನು ಈ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದಲ್ಲಿ ಮಟ್ಟಸವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲು ಆದರೆ ಅಲ್ಲಿ ಯೂಕ್ಲಿಡಿರ್ಯ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವಂತೆ ಒಂದು ಚಿಕ್ಕದಾದ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕವನ್ನು ನಾವು ಆಯ್ಕೆಮಾಡಬಹುದು.

ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಎತ್ತುಗಗಳು

ಈಗ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಎತ್ತುಗದ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಹಿಂತಿರುಗೋಣ. ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಎತ್ತುಗದಲ್ಲಿ ಸೀಮೆಸುಣ್ಣದ ತುಂಡಿನ ಪಥವು ಒಂದು ಸರಳರೇಖೆಯೆಂದು A ವೀಕ್ಷಕನು, ಆದರೆ ನೆಲದಮೇಲಿನ B ವೀಕ್ಷಕನು ಆದೇ ಪಥವನ್ನು ಪರವಲಯವೆಂದು ಹೇಳುವುದನ್ನು ನಾವು ಕಂಡಿದ್ದೇವೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭವು, ಕಾಲ್ಚೆಂಡು ಮೈದಾನಗಳ ಮೇಲೆ ನಾವು ಸರಳರೇಖೆಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಭೂಮಿಯ ವಿಸ್ತಾರ ವಿಭಾಗಗಳ ಮೇಲೆ ಮಹಾವೃತ್ತಗಳನ್ನು ಎಳೆಯುವುದಕ್ಕೆ, ಬಹುವಾಗಿ ಸಾದೃಶವಾಗಿದೆ; ಈ ಎರಡೂ ರೀಮಾನಿಯನ್ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ರೀತಿ ಸರಳರೇಖೆಗಳಾಗಿರುವುದರಿಂದ ರೀಮಾನಿರ್ಯ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯಲ್ಲಿ ಈ ಸರಳರೇಖೆಗಳನ್ನೂ ಗುರುತಿಸಲು (ಅಂದರೆ, ರೀಮಾನಿಯನ್ ಆಕಾಶದ ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳ ನಡುವಣ ಕನಿಷ್ಠ ಪಥ)–ಜಿಯೋಡೆಸಿಕ್ ಎಂಬ–ಒಂದು ಸರಳ ಪದವಿದೆ.

ಗೋಳದ ವಕ್ರತಾ ಮೇಲ್ಮೈಯನ ಮಹಾವೃತ್ತಗಳೇ ಜಿಯೋಡೆಸಿಕ್‌ಗಳು. ಕಾಲ್ಚೆಂಡು–ಮೈದಾನದಲ್ಲಿ ಈ ಜಿಯೋಡೆಸಿಕಗಳು ಸರಳರೇಖೆಗಳಾಗುವುವು. ಸೀಮೆಸುಣ್ಣದ ಚೂರಿನ ಪಥವು ರೀಮಾನಿರ್ಯ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ಜಿಯೋಡೆಸಿಕ್ ಆಗಿರಬೇಕೆಂದು

ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಎತ್ತುಗದ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳು ಸೂಚಿಸುವುವು. ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಎತ್ತುಗವನ್ನು ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನ ಚಿಕ್ಕದಾದ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕಕ್ಕೆ (ಅಥವಾ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಣ ಕಾಲ್ಚೆಂಡು ಮೈದಾನಕ್ಕೆ) ಹೋಲಿಸಬಹುದು, ಆದ್ದರಿಂದ, ಈ ಅಲ್ಪ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯು ಯೂಕ್ಲಿಡಿಯನ್ ಆಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಜಿಯೋಡೆಸಿಕ್‌ಗಳು ಸರಳರೇಖೆಗಳಾಗುವುವು. B ವೀಕ್ಷಕನಿಗೆ, ವಕ್ರತೆಯು ಉಪೇಕ್ಷಿಸಲಾಗದಂತಹುದು ಆಗಿದೆ ಮತ್ತು ಆತನು ಜಿಯೋಡೆಸಿಕಗಳನ್ನು ಪರವಲಯುಗಳೆಂದು ಕಾಣುವನು.

ಈ ಸಲಹೆಯನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಆಳವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಎತ್ತುಗ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನ ಚಿಕ್ಕಾದಾದ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕವೆಂಬುದಾಗಿ ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದೆವು. ನಾವು ನಿಜವಾಗಿಯೂ A ವೀಕ್ಷಕನ ಅನುಭವಗಳಿಗೆ ಸೀಮಿತಗೊಳಿಸುತ್ತಾ ಅದನ್ನು ಚಿಕ್ಕದಾದ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕವೆಂದು ಹೇಳಲೇಬೇಕು. ನೆಲದಮೇಲಿನ B ವೀಕ್ಷಕನ ಅನುಭವದ ಪ್ರದೇಶದಿಂದ ಹೋಲಿಸುತ್ತಾ ಈ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ಪ್ರದೇಶದ ಚಿಕ್ಕತನವನ್ನು ತೀರ್ಮಾನಿಸಬೇಕು. ಪುನಃ ಪ್ರದೇಶದ ಈ ಚಿಕ್ಕತನವು ಎತ್ತುಗದ ಉದ್ದ, ಅಗಲ ಮತ್ತು ಎತ್ತರಗಳ ಚಿಕ್ಕತನಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ (ಎತ್ತುಗದ ಮೂರು ವಿಮಿತಿಗಳು) ತೋರುವುದಿಲ್ಲ, ಆದರೆ Aಯ ಅನುಭವಗಳು ಸೀಮಿತಗೊಂಡಿರುವ ಅಲ್ಪಕಾಲಾವಧಿಗು ಸಹ Aಯ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳು ಒಂದು ಚಿಕ್ಕ ಎತ್ತುಗದಲ್ಲಲ್ಲ, ಆದರೆ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಚಿಕ್ಕ ಎತ್ತುಗದಲ್ಲಿ Aಯ ಅನುಭವದ ಪ್ರದೇಶದ ಚಿಕ್ಕತನವು ಆಕಾಶದ ಮೂರು ವಿಮಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರವಲ್ಲ ಆದರೆ ನಾಲ್ಕನೆಯ ಕಾಲ–ವಿಮಿತಿಯಲ್ಲೂ ಸಹ ಇದೆ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ ಗುರುತ್ವನಿಯಮ

ಒಬ್ಬ ವೀಕ್ಷಕನ ಅನುಭವದ ಪ್ರಪಂಚವು 4–ವಿಮಿತಿಗಳದೆಂದು ಈ ಮೇಲೆ ನಾವು ಕಂಡಿದ್ದೇವೆ. ಗುರುತ್ವವು ಜ್ಯಾಮಿತಿಗೆ ಸೇರಿಕೊಂಡಿದೆಯೆಂತಲೂ ಮತ್ತು ಈ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯು ನಾಲ್ಕು ವಿಮಿತಿಗಳದ್ದಾಗಿರಬೇಕೆಂದೂ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಎತ್ತುಗದ ಪ್ರಯೋಗವು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಸೂಚಿಸಿದೆ. ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿನ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ಪ್ರಭುತ್ವದಲ್ಲಿಟ್ಟಿರುವ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯು ರೀಮಾನಿಯನ್ ಆಗಿರಲೇಬೇಕೆಂಬುದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ ಗುರುತ್ವನಿಯಮದ ಆವಶ್ಯವಾಗಿದೆ. ಬೇರೆ ರೀತಿ ಹೇಳಲು, ಜ್ಯಾಮಿತಿಯು ರೀಮಾನಿಯನ್ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, ಗುರತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಬ್ಬ ವೀಕ್ಷಕನ ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಬರುವ ನಾಲ್ಕು ವಿಮಿತೀಯ ಪ್ರದೇಶವು ವಕ್ರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ಉಂಟು ಮಾಡುವ ಜಡಾಂಶಗಳ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿ, ಅನುಭವ ಪ್ರಪಂಚದ ವಕ್ರತೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನು ಒಂದು ಸೂತ್ರವನ್ನು ನೀಡಿದನು. ಈ ಅನುಭವ ಪ್ರಪಂಚದ ಚಿಕ್ಕದಾದ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ನಾವು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ (ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಎತ್ತುಗದಂತೆ) ವಕ್ರತೆಯನ್ನು ನಿರ್ಲಕ್ಷಿಸಬಹುದು ಮತ್ತು ರೀಮಾನಿಯನ್ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯು ಯೂಕ್ಲಿಡಿಯನ್ ಆಗುವುದು.

ಹೀಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನನ ಕಲ್ಪನಾಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ A ಮತ್ತು B ಎಂಬ ಇಬ್ಬರು ವೀಕ್ಷಕರು ಗುರುತ್ವ ಪ್ರಕೃತಿ ಘಟನೆಯನ್ನು ನ್ಯೂಟನ್ನಿನ ನಿಯಮದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಿದಾಗ ಅವರ ವಿವರಣೆಗಳು ವಿವಿಧವಾಗಿರುತ್ತಿದ್ದವು. ಆದರೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ ನಿಯಮದ ಆಧಾರದಮೇಲೆ ಅದೇ ಪ್ರಕೃತಿ ಘಟನೆಯನ್ನು ಅವರು ವಿವರಿಸಿದಾಗ ಅವರ ವಿವರಣೆಗಳು ಒಡೇ ವಿಧವಾಗುವುವು.

ಗಣಿತ ಮತ್ತು ವಿಜ್ಞಾನಗಳು

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ ಏಕಪ್ರಕಾರ ಗುರುತ್ವವಾದದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯು ವಿಜ್ಞಾನದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಶುದ್ಧ ಗಣಿತ ವಿಜ್ಞಾನವು ವಹಿಸುವ ಪಾತ್ರದ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಬೆಳಕಿಗೆ ತರುತ್ತದೆ. ಯೂಕ್ಲಿಡನು ಒಂದು ಆಧಾರ ಸೂತ್ರೀಯ ಜ್ಯಾಮಿತಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಬೆಳಸಿದನು. ಆತನ ನಂತರ ಹತ್ತಾರುಮಂದಿ ಜ್ಯಾಮಿತಜ್ಞರು ಈ ಆಧಾರಸೂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಲು ಹಾಗೂ ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಹೊಸ ಜ್ಯಾಮಿತಿಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತಿಮಾಡಲು ಪ್ರಯತ್ನಪಟ್ಟರು. ಎರಡು ಪರ್ಯಾಯ ಜ್ಯಾಮಿತಿಗಳನ್ನು ಬೆಳೆಸುವುದರಲ್ಲಿ ಲೋಬಾಚೆವ್ಸ್ಕಿ ಮತ್ತು ರೀಮಾನ್ ಫಲಪ್ರದ ರಾದರು. ಯಾರಾದರು ಆಶ್ಚರ್ಯಪಡಬಹುದು—ಏಕೆ ಈ ತೀವ್ರ ಬೌದ್ಧಿಕ ಚಟುವಟಿಕೆ ಸುಮಾರು ಎರಡು ಸಾವಿರ ವರ್ಷಗಳಿಗೆ ಹರಡಿಕೊಂಡಿತು. ಈ ಚಟುವಟಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಪಾಲ್ಗೊಂಡಿದ್ದ ಗಣಿತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಲ್ಲಿ ಯಾರೊಬ್ಬರೂ ಕೂಡ ಅವರು ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಅವಿಷ್ಕಾರವು ಯಾವಾಗಲಾದರು ಒಂದು ದಿನ ಗುರುತ್ವವಾದವನ್ನು ಬೆಳೆಸುವುದರಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವುದೆಂದು ಊಹಿಸಿರಲಿಲ್ಲ. ಈ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಒಬ್ಬ ಗಣಿತ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಹೊಸ ಶಿಸ್ತುಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸಿದಾಗ ಆತನ ಕುತೂಹಲ, ಆತನ ಕಲ್ಪನಾ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಸಾಮಾನ್ಯೀಕರಣದ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ತೃಪ್ತಿಗೊಳಿಸಲು ಮಾತ್ರ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಾನೆ; ಹ್ರಸ್ವವಾಗಿ, ಗಣಿತ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೋಸ್ಕರ ಆತನು ಗಣಿತ ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಬೆಳಸುತ್ತಾನೆ.

ಬೇರೆ ರೀತಿ ತಿಳಿಸುವುದಾದರೆ, ಒಬ್ಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಪ್ರಕೃತಿಯನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುತ್ತಾ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡುತ್ತಾ ಮತ್ತು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದರಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತಿಯಿಟ್ಟಿರುತ್ತಾನೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕೃತಿಯ ಉತ್ತಮ ತಿಳುವಳಿಕೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಶುದ್ಧ ಗಣಿತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಂದ ಬೆಳೆಸಿದ ಶಿಸ್ತುಗಳ ಕಡೆಗೆ ಆತನು ನೋಡಬೇಕಾದ ಘಟ್ಟ ಬರುವುದು. ಪ್ರಕೃತಿಯ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಈ ರೀತಿಯ ಉತ್ತಮ ತಿಳುವಳಿಕೆಯಿಂದ ಪ್ರಕೃತಿಯ ಬಲಗಳನ್ನು ಸಮಾಜದ ಸೇವೆಯಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಉತ್ತಮ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಬೆಳಸಲು ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಾನೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಮಾನವನೊಡನೆ ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಸಂಪರ್ಕ ಬರುತ್ತದೆ.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ, ಸಮಾಜದ ಸೇವೆಯಲ್ಲಿ ಗಣಿತ ವಿಜ್ಞಾನ ಬೆಳವಣಿಗೆಗಳನ್ನು ಉಪಯುಕ್ತ ಸಾಧನಗಳನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಲು ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮುಂದುವರೆದರೆ, ಶುದ್ಧ ಗಣಿತ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಭವಿಷ್ಯದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಉಪಯುಕ್ತ ಸಾಧನಗಳನ್ನು ಬೆಳೆಸುವಂತೆ ಪ್ರಚೋದಿಸುವ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಶುದ್ಧ ಗಣಿತ ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಬೆಳೆಸಲು ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಾನೆ ಮತ್ತು ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಪ್ರಗತಿಯ ಯಾತ್ರೆಯು ಸತತವಾಗಿ ಚಲನೆಯಲ್ಲೇ ಇರುತ್ತದೆ.

ಅನು : ಡಾ|| ಪಿ. **ವೆಂಕಟರಾಮಯ್ಯ**

[ಸ್ಕೂಲ್ ಸೈನ್ಸ್ ನಿಯತಕಾಲಿಕದ ಕೃಪೆಯಿಂದ]

ಜಿ. ಆರ್. ಲಕ್ಷ್ಮಣರಾವ್

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವ

ಸಾಹಿತ್ಯ, ಕಲೆ, ವಿಜ್ಞಾನ ಮುಂತಾದ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ದುಡಿದ ದೊಡ್ಡವರ ಮಾತು ಬಂದಾಗ, "ಅದು ಆತನ ಜೀವನದ ಉಸಿರಾಗಿತ್ತು" ಎನ್ನುವುದು ಒಂದು ಚಿರಪರಿಚಿತ ಕ್ಲೀಷೆ; ಹಳಸು ಮಾತು. ವಿರಳವಾಗಿ ಒಮ್ಮೊಮ್ಮೆ ಆ ಮಾತು ತನ್ನ ಹಳಸುತನವನ್ನು ನೀಗಿಕೊಂಡು ಅರ್ಥಪೂರ್ಣವಾಗುವುದುಂಟು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅದಕ್ಕೆ ಒಳ್ಳೆಯ ನಿದರ್ಶನ. ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ನಿಜಕ್ಕೂ ಅವರ ಜೀವನದ ಉಸಿರಾಗಿತ್ತು. ಹಲವಾರು ವರ್ಷಗಳ ಕಾಲ ಅವರ ನಿಕಟವರ್ತಿಯಾಗಿದ್ದ ಲಿಯೊಪಾಲ್ಡ್ ಇನ್‌ಫೆಲ್ಡ್ ಅವರ ಪ್ರಕಾರ, "ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಜೀವಿಸಿರುವುದಕ್ಕೂ ಸತ್ತುಹೋಗುವುದಕ್ಕೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ವೆಂದರೆ, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಕುರಿತು ಚಿಂತನೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುವುದು ಮತ್ತು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲದಿರುವುದು." ಯಾವ ದೊಡ್ಡ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದಲ್ಲಿಯೂ ಅಭ್ಯಾಸ ಮಾಡದೆ, ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳೆನ್ನಿಸಿಕೊಂಡವರ ಸಂಪರ್ಕವೇ ಇಲ್ಲದೆ, ಜೀವನೋಪಾಯಕ್ಕಾಗಿ ಪೇಟೆಂಟ್ ಕಚೇರಿಯಲ್ಲಿ ಗುಮಾಸ್ತೆಯಾಗಿದ್ದುಕೊಂಡಿದ್ದರೂ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಜಗತ್ತಿನಲ್ಲಿ ಕೋಲಾಹಲವನ್ನೆಬ್ಬಿಸಿದ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದವನ್ನೂ ನೊಬೆಲ್ ಪಾರಿತೋಷಿಕವನ್ನು ತಂದುಕೊಟ್ಟ ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಕುರಿತ ಸಂಶೋಧನೆಯನ್ನೂ ಅಣುಪರಮಾಣುಗಳ ಯಥಾರ್ಥತೆಯನ್ನು ರುಜುವಾತುಪಡಿಸಿದ ಬ್ರೌನಿಯನ್ ಚಲನೆಯ ವಿವರಣೆಯನ್ನೂ ತಮ್ಮ ಇಪ್ಪತ್ತಾರನೆಯ ವಯಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸುವುದು ಅವರಿಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾದದ್ದು ಈ ಮನೋವೃತ್ತಿಯ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ.

ಒಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಚೇತನವೆಲ್ಲವೂ ಇಷ್ಟರಮಟ್ಟಿಗೆ ಒಂದು ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಯಿತು ಎಂದರೆ, ತನ್ನ ಸ್ವಂತ ಸುಖಸಂಪತ್ತುಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಉದಾಸೀನತೆಯನ್ನೂ ಜೀವನದ ಇನ್ನಿತರ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ನಿರಾಸಕ್ತಿಯನ್ನೂ ಆತನಲ್ಲಿ ನಿರೀಕ್ಷಿಸುವುದು ಸಹಜ. ಆದರೆ ನಿಜಸ್ಥಿತಿಯೇ ಬೇರೆ. ಮೊದಲನೆಯ ನಿರೀಕ್ಷೆಯೇನೋ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ನಿಜ; ಎರಡನೆಯದು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸುಳ್ಳು. ತತ್ವಮೀಮಾಂಸೆ, ಧರ್ಮ, ರಾಜಕೀಯ ಎಲ್ಲದರಲ್ಲೂ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೆ ವಿಶೇಷ ಆಸಕ್ತಿ. ಆ

ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಕುರಿತು ಅವರು ಆಳವಾಗಿ ಯೋಚಿಸಿದ್ದರು, ಖಚಿತವಾದ ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳನ್ನು ತಳೆದಿದ್ದರು, ನಿರ್ಭಯದಿಂದ ತಮ್ಮ ನಂಬಿಕೆಗನು ಸಾರವಾಗಿ ನಡೆದುಕೊಂಡರು.

ವಿಜ್ಞಾನ ಸಂಶೋಧನೆಗೆ ತಕ್ಕ ವಾತಾವರಣ ಎಂಥದು ಎಂಬ ಮಾತು ಬಂದಾಗ ಒಮ್ಮೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್, "ಸಂಶೋಧನೆಗೆ ಅಗತ್ಯವಾದ ವಾತಾವರಣ ದೊರೆಯುವುದು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಎನ್ನುವುದಕ್ಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ ; ಇನ್ನೂ ಉತ್ತಮವಾದ ಬೇರೆ ಸ್ಥಳಗಳಿವೆ ; ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಒಂದು ಲೈಟ್‌ಹೌಸ್" ಎಂದರು. ಇದನ್ನು ಯಾರೂ ಒಪ್ಪುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬುದು ಕಂಡಂತೆಯೇ ಇದೆ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರೂ ಸಹ ಈ ಮಾತನ್ನು ಲಘುವಾಗಿ ಹೇಳಿದ್ದಿರಬೇಕು. ಕೂಲಂಕಷವಾಗಿ ಯೋಚಿಸಿ ನೀಡಿದ ಅಭಿಪ್ರಾಯವಲ್ಲ ಅದು. ಅವರ ಮನಃಪ್ರವೃತ್ತಿ ಎಂಥದು ಎಂಬುದನ್ನು ಅದು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ ಅಷ್ಟೆ. ಒಬ್ಬಂಟಿಗರಾಗಿ ತಮಗೆ ತಾವೇ ಇದ್ದುಬಿಡುವುದು ಅವರಿಗೆ ಅಷ್ಟು ಪ್ರಿಯವಾಗಿತ್ತು. "ಅತಿ ಸಾಮಾನ್ಯನಾದ ಒಬ್ಬ ಕಾರ್ಮಿಕನನ್ನು ಕಂಡರೆ ನನಗೆ ಅಸೂಯೆ ; ಯಾರೂ ಅವನ ಗೊಡವೆಗೆ ಹೋಗುವುದಿಲ್ಲ" ಎನ್ನುತ್ತಿದ್ದರು ಅವರು. ಪ್ರಚಾರವನ್ನು ಅವರಷ್ಟು ಬಯಸದಿದ್ದವರು ವಿರಳ. ಆದರೆ ವಿಧಿಯ ಅಣಕ ; ವಿಜ್ಞಾನ ಪ್ರಪಂಚದ ಹೊರಗಡೆ ಅವರಿಗೆ ದೊರೆತಷ್ಟು ಪ್ರಚಾರ ಬಹುಶಃ ಇತಿಹಾಸ ದಲ್ಲೇ ಬೇರೆ ಯಾವ ವಿಜ್ಞಾನಿಗೂ ದೊರೆಯಲಿಲ್ಲ. ಅವರ ಐವತ್ತನೆಯ ಹುಟ್ಟಿದ ಹಬ್ಬಕ್ಕೆ ಜನಗಳು ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಿದ್ದ ಸಿದ್ಧತೆಗಳನ್ನು ಕಂಡು ಅವರಿಗೆ ಭಯವಾಯಿ ತಂತೆ. ಆ ದಿನ ತಮ್ಮನ್ನು ಅಭಿನಂದಿಸಲು ಬರಲಿದ್ದ ಜನಸಮೂಹಕ್ಕೆ ಹೆದರಿ ಹಿಂದಿನ ರಾತ್ರಿಯೇ ಬರ್ಲಿನ್ ನಗರದಿಂದ ಹತ್ತು ಮೈಲಿ ಆಚೆ ಇದ್ದ ಒಂದು ಹಳ್ಳಿಗೆ ಹೋಗಿ ಸ್ನೇಹಿತರೊಬ್ಬರ ಮನೆಯಲ್ಲಿ ಸಂಜೆಯವರೆಗೂ ಅವಿತುಕೊಂಡುಬಿಟ್ಟರಂತೆ.

ತಮಗೆ ದೊರೆತ ಖ್ಯಾತಿಗೆ ಕಾರಣವೇನೆಂಬುದು ಅವರಿಗೆ ಅರ್ಥವೇ ಆಗುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ. ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ತಮ್ಮ ಹೆಸರು ಮತ್ತು ಮುಖಗಳ ಪರಿಚಯವಿಲ್ಲದವರು ಅತ್ಯಂತ ವಿರಳ ಎಂಬ ವಿಷಯ ಪದೇ ಪದೇ ಅವರ ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತಿದ್ದರೂ ಮತ್ತೊಮ್ಮೆ ಅದು ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಬಂದಾಗ ಅದರ ಬಗ್ಗೆ ಅವರು ಆಶ್ಚರ್ಯಪಡುತ್ತಿದ್ದರು. ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್‌ನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಲ ಅವರೂ ಇನ್‌ಫೆಲ್ಡ್ ಅವರೂ ಒಂದು ಚಲನಚಿತ್ರವನ್ನು ನೋಡಲು ಹೋಗಿ, ಕಾರಣಾಂತರದಿಂದ ಪ್ರದರ್ಶನ ಇನ್ನೂ ತಡವಾಗುವುದೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಾಗ, ಹೊರಗೆ ಅಡ್ಡಾಡಿಕೊಂಡು ಬರಲು ಹೊರಟರು. ಹೊರಕ್ಕೆ ಬರುವಾಗ ಬಾಗಿಲು ಕಾಯುವವನನ್ನು ಕುರಿತು ಇನ್‌ಫೆಲ್ಡ್ ಅವರು, "ಕೆಲವು ನಿಮಿಷಗಳಲ್ಲಿ ಹಿಂದಿರುಗಿ ಬಂದುಬಿಡುತ್ತೇವೆ" ಎಂದರು. ಆಗಬಹುದೆಂದು ಅವನು ಹೇಳಿದರೂ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸ್ವಲ್ಪ ಸಂದೇಹದಿಂದ, "ಟಿಕೆಟ್ ಆಗಲೇ ನಿನಗೆ ಕೊಟ್ಟುಬಿಟ್ಟಿದ್ದೇವಲ್ಲಾ" ಎಂದರು. ಅವರು ತಮಾಷೆ ಮಾಡುತ್ತಿರುವರೆಂದು ಭಾವಿಸಿದ ಆ ಬಾಗಿಲು ಕಾಯುವಾತ, "ಚಿಂತೆ ಇಲ್ಲ ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್, ನಾನು ನಿಮ್ಮನ್ನು ಗುರುತಿಸಬಲ್ಲೆ" ಎಂದು

ದೊಡ್ಡದಾಗಿ ನಕ್ಕ. ನಾಲ್ಕು ಹೆಜ್ಜೆ ಮುಂದೆ ಹೋದಮೇಲೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್, ಇನ್‌ಫೆಲ್ಡ್ ಕಡೆ ತಿರುಗಿ, "ಆತನಿಗೆ ನಾನು ಹೇಗೆ ಪರಿಚಯ?" ಎಂದು ಆಶ್ಚರ್ಯ ವ್ಯಕ್ತ ಪಡಿಸಿದರು. ಅದಕ್ಕೆ ಇನ್‌ಫೆಲ್ಡ್ ನಕ್ಕು "ಚೆನ್ನಾಗಿ ಹೇಳಿದಿರಿ, ನಿಮ್ಮನ್ನು ಗುರುತಿಸದವರು ಯಾರು? ಅದೂ ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್‌ನಲ್ಲಿ?" ಎಂದರು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಮುಜುಗರದಿಂದ, "ನನ್ನ ಬಗ್ಗೆ ನಡೆದಿರುವ ಈ ಅನಾವಶ್ಯಕ ಪ್ರಚಾರವನ್ನು ನೋಡಿದಾಗ ನಾನೊಬ್ಬ ಭಾರೀ ವಂಚಕ ಎನ್ನಿಸುತ್ತದೆ" ಎಂದರು.

ಒಂದು ಸಲ ಇನ್‌ಫೆಲ್ಡ್ ಅವರು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಈ ಮನೋವೃತ್ತಿಯನ್ನು ಕುರಿತು ತಮ್ಮ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಯೊಬ್ಬರೊಡನೆ ಮಾತನಾಡುತ್ತಿದ್ದಾಗ ಅವರು ಕೇಳಿದರಂತೆ: "ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೆ ಪ್ರಚಾರ ಬೇಕಿಲ್ಲ ದಿದ್ದರೆ, ಏಕಾಂತತೆ ಅವರಿಗೆ ಅಷ್ಟು ಪ್ರಿಯವಾಗಿದ್ದರೆ, ಅವರು ಎಲ್ಲರಂತೆ ಏಕಿರುವುದಿಲ್ಲ? ಕೂದಲು ಉದ್ದವಾಗಿ ಬಿಡುವುದೇಕೆ? ವಿಚಿತ್ರವಾದ ಆ ಚರ್ಮದ ಅಂಗಿ ಏಕೆ? ಕಾಲುಚೀಲ, ಕಾಲರ್, ಟೈ ಏನೊಂದನ್ನೂ ಹಾಕಿಕೊಳ್ಳದೆ ಇರುವುದೇಕೆ?" ಈ ಬಗೆಯ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಇತರ ಅನೇಕರು ಕೇಳಿದ್ದಾರೆ. ಅತ್ಯಂತ ಮೆಚ್ಚುಗೆಯಿಂದಲೇ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಸುಂದರವಾದ ವ್ಯಕ್ತಿಚಿತ್ರವನ್ನು ಬರೆದಿರುವ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಕಾದಂಬರಿ ಕಾರ ಸಿ. ಪಿ. ಸ್ನೋ ಅವರೂ ಈ ಸಂದೇಹವನ್ನು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರದು ವಿಚಿತ್ರವಾದ ಮಿಶ್ರವ್ಯಕ್ತಿತ್ವ, ಪ್ರದರ್ಶನ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯ ಒಂದು ಛಾಯೆ ಯನ್ನೂ ಅದರಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು ಎಂದಿದ್ದಾರೆ. ಇನ್‌ಫೆಲ್ಡರಿಗಾದರೋ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಈ ವಿಚಿತ್ರ ನಡವಳಿಕೆಯಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪವೂ ಆಶ್ಚರ್ಯವಾಗಿಲ್ಲ. ಬಂಧನಗಳಿಂದ ಆದಷ್ಟೂ ವಿಮುಕ್ತರಾಗಬೇಕೆಂಬ ಅವರ ತೀವ್ರ ಆಸೆ ಹಾಗೂ ಅವರ ಏಕಾಂತಪ್ರಿಯತೆ– ಇವುಗಳ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಅವರ ನಡವಳಿಕೆ ಇನ್‌ಫೆಲ್ಡರಿಗೆ ಸಹಜವಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಜೀವನದ ಆವಶ್ಯಕತೆಗಳನ್ನು ಆದಷ್ಟು ಕಡಮೆ ಮಾಡಿಕೊಂಡು ಆ ಮೂಲಕ ತಮ್ಮ ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಉದ್ದೇಶ. ನಿತ್ಯಜೀವನ ದಲ್ಲಿ ನಾವು ಬಯಸುವ ಅನುಕೂಲತೆಗಳು ಅನೇಕ: ಕಾರುಗಳು, ರೆಫ್ರಿಜರೇಟರುಗಳು, ರೇಡಿಯೊ, ಟೆಲಿವಿಷನ್, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಿಕ್ ಷೇವರ್, ಹೀಗೆಯೇ ಇನ್ನೂ ನೂರಾರು ವಸ್ತುಗಳು. ನಮ್ಮ ಜೀವನಕ್ರಮ ಅವುಗಳಿಗೆ ಹೊಂದಿಕೊಂಡು ಸಂಕೀರ್ಣವಾಗುತ್ತ ಹೋದಂತೆ ಅದರೊಂದಿಗೆ ನಮ್ಮ ಗುಲಾಮಗಿರಿಯೂ ಬೆಳೆಯುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಅವುಗಳನ್ನು ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಇಳಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸು ತ್ತಿದ್ದರು. ಕೂದಲು ಉದ್ದವಾಗಿ ಬಿಟ್ಟರೆ ಪದೇ ಪದೇ ಕ್ಷೌರಿಕನನ್ನು ಹುಡುಕಿಕೊಂಡು ಹೋಗಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಚರ್ಮದ ಅಂಗಿಗೆ ಒಗ್ಗಿಕೊಂಡರೆ ಪದೇ ಪದೇ ಕೋಟನ್ನು ಒಗೆದು ಇಸ್ತ್ರಿ ಮಾಡಿಸಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಕಾಲುಚೀಲ, ಕಾಲರ್, ಟೈಗಳು ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೂ ನಡೆಯು ತ್ತದೆ–ಇದು ಅವರ ಯೋಚನಾಸರಣಿ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ 1933ರಲ್ಲಿ ಜರ್ಮನಿಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಹೊರಡಬೇಕೆಂದು ನಿರ್ಧರಿಸಿ

ದಾಗ ಇಂಗ್ಲೆಂಡಿಗೆ ಬಂದು ನೆಲಸುವ ಯೋಚನೆ ಏಕೆ ಮಾಡಲಿಲ್ಲ ಎಂದು ಸಿ. ಪಿ. ಸ್ನೊ ಒಮ್ಮೆ ಅವರನ್ನು ಕೇಳಿದರಂತೆ. "ಏನು? ಇಂಗ್ಲೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ನೆಲಸುವ ಯೋಚನೆಯೆ? ಎಲ್ಲಾದರೂ ಉಂಟೆ?" ಎಂದರಂತೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್. "ಏಕೆ? ಏಕಾಗಬಾರದು?" ಎಂದು ಸ್ನೊ ಒತ್ತಾಯಮಾಡಿದ್ದಕ್ಕೆ ಅವರು "ನಿಮ್ಮ ಜೀವನ ಕ್ರಮ!" ಎಂದರು. ಸ್ನೊ ಅವರಿಗೆ ಅರ್ಥವಾಗಲಿಲ್ಲ. "ನಮ್ಮ ಜೀವನ ಕ್ರಮದ ವಿಶೇಷ ಏನು? ಅದರ ಬಗ್ಗೆ ಏನು ನಿಮ್ಮ ಆಕ್ಷೇಪಣೆ?" ಎಂದಿದ್ದಕ್ಕೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಜೋರಾಗಿ ನಕ್ಕು, "ನಿಮ್ಮ ಜೀವನ ಕ್ರಮ ಅದ್ಭುತವಾದದ್ದು, ಭವ್ಯವಾದದ್ದು, ಅದಕ್ಕೆ ನನ್ನ ಆಕ್ಷೇಪಣೆ ಏನೂ ಇಲ್ಲ, ಆದರೆ ಅದು ನನ್ನಂಥವರಿಗಲ್ಲ" ಎಂದರು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಮೊದಲಬಾರಿಗೆ ಇಂಗ್ಲೆಂಡಿಗೆ ಹೋದಾಗ ಅವರನ್ನು ಶ್ರೀಮಂತ ರೊಬ್ಬರ ಭಾರಿ ಗ್ರಾಮವಸತಿಗೆ ಕೊಂಡೊಯ್ದರಂತೆ. ಅಲ್ಲಿಯ ಬಟ್ಲರ್‌ಗಳು, ಜೀವನದಲ್ಲೇ ಮೊದಲಬಾರಿಗೆ ತಾವು ಧರಿಸಬೇಕಾಗಿ ಬಂದ ಔತಣ ಕೂಟದ ಪೋಷಾಕು, ಅಲ್ಲಿಯ ಔಪಚಾರಿಕ ನಡವಳಿಕೆ ಎಲ್ಲವೂ ಅವರನ್ನು ಡಂಗುಬಡಿಸಿದುವು. ಅಲ್ಲಿಂದ ಆಕ್ಸ್‌ಫರ್ಡ್, ಕೇಂಬ್ರಿಜ್‌ಗಳಿಗೆ ಹೋದರೆ ಅಲ್ಲಿಯೂ ಔತಣಕೂಟಗಳಲ್ಲಿ ಬಟ್ಲರ್‌ಗಳ ಹಾವಳಿ. ಇಂಗ್ಲೆಂಡಿನ ಜನ ಔಪಚಾರಿಕ ಪೋಷಾಕುಗಳನ್ನು ಧರಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ತೆಗೆದುಹಾಕುವುದರಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಜೀವಮಾನದ ಅರ್ಧಭಾಗವನ್ನು ಕಳೆಯುತ್ತಾರೆ ಎಂದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಭಾವನೆ. ಆ 'ಜೀವನ ಕ್ರಮ' ಅವರು ಭಾವಿಸಿದ್ದಂತೆ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕವಲ್ಲ ಎಂದು ಅವರನ್ನೊಪ್ಪಿಸಲು ಸ್ನೊ ಮಾಡಿದ ಯತ್ನ ವ್ಯರ್ಥವಾಯಿತು.

ತಮ್ಮ ವೇಷಭೂಷಣಗಳ ವೈಲಕ್ಷಣ್ಯ ಇತರರಿಗೆ ವಿನೋದ ಉಂಟುಮಾಡುವುದೆಂಬುದು ಅವರಿಗೆ ಗೊತ್ತಿತ್ತು. ಆ ವಿನೋದದಲ್ಲಿ ತಾವೇ ಪಾಲ್ಗೊಳ್ಳುವುದೂ ಅವರಿಗೆ ಅಭ್ಯಾಸವಾಗಿತ್ತು. ಅವರ ಹತ್ತಿರ ಬಳಗದ ಒಬ್ಬ ಯುವಕನಿಗೆ ಹೊಸದಾಗಿ ಮದುವೆಯಾಯಿತು. ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದನಂತರ ಅವನು ತಂದೆಯಾದ. ಮಗುವಿಗೆ ನಾಲ್ಕಾರು ತಿಂಗಳಾಗಿದ್ದಾಗ ಅವನು ಹೆಂಡತಿಯನ್ನೂ ಮಗುವನ್ನೂ ಕರೆದುಕೊಂಡು ಒಮ್ಮೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಮನೆಗೆ ಬಂದ. ಮಗು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಮುಖವನ್ನು ನೋಡಿದ ಕೂಡಲೇ ಕಿಟಾರನೆ ಕಿರಿಚಿ ಅಳುವುದಕ್ಕೆ ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿತು. ಮಗುವಿನ ತಂದೆ ತಾಯಿಯರು ಪೆಚ್ಚುಮೋರೆ ಹಾಕಿಕೊಂಡರು. ಅದನ್ನು ಅರಿತ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್, ಜೋರಾಗಿ ನಗುತ್ತ ಮಗುವಿನ ತಲೆಯನ್ನು ನೇವರಿಸಿ, "ಲೋ ಮರಿ, ನನ್ನನ್ನು ನೋಡಿದಾಗ ಏನನ್ನಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಮುಚ್ಚುಮರೆ ಇಲ್ಲದೆ ಪ್ರಾಮಾಣಿಕವಾಗಿ ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಿದವನು, ಇದುವರೆಗೆ ನೋಡಿದ್ದರಲ್ಲಿ, ನೀನೊಬ್ಬನೇ ಕಣೋ" ಎಂದರಂತೆ.

ಇತರ ಪ್ರಾಪಂಚಿಕ ವಿಷಯಗಳ ಬಗೆಗೆ ಹೇಗೋ ಹಾಗೆಯೇ ಹಣದ ಬಗೆಗೂ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೆ ಸಂಪೂರ್ಣವಾದ ನಿರ್ಲಿಪ್ತತೆ ಇತ್ತು. 1914ರಲ್ಲಿ ಅವರು ಜೂರಿಕ್ ನಗರದಲ್ಲಿನ ತಮ್ಮ ಹುದ್ದೆಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಬರ್ಲಿನ್ನಿನ ಕೈಸರ್ ವಿಲ್‌ಹೆಲ್ಮ್

ಇನ್ಸ್‌ಟಿಟ್ಯೂಟಿಗೆ ತೆರಳಲು ನಿರ್ಧರಿಸಿದಾಗ ಅವರ ಪತ್ನಿ ಅವರೊಂದಿಗೆ ಹೋಗಿ ಬರ್ಲಿನ್‌ನಲ್ಲಿ ನೆಲಸಲು ನಿರಾಕರಿಸಿದರು. ಕೆಲಕಾಲಾನಂತರ ಆ ವಿರಸ ದಾಂಪತ್ಯವಿಚ್ಛೇದನದಲ್ಲಿ ಕೊನೆಗೊಂಡಿತು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಇಬ್ಬರು ಮಕ್ಕಳೂ ಆಕೆಯೊಂದಿಗೇ ಉಳಿದರು. 1921ರಲ್ಲಿ ಅವರಿಗೆ ನೊಬೆಲ್‌ಬಹುಮಾನ ಬರುವ ವೇಳೆಗೆ ಅವರಿಬ್ಬರೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕಗೊಂಡು ಏಳೆಂಟು ವರ್ಷಗಳಾಗಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೆ ಪುನರ್ವಿವಾಹವೂ ಆಗಿತ್ತು. ಆದರೂ ಬಹುಮಾನದ ಮೊತ್ತವನ್ನೆಲ್ಲ ಅವರು ಮೊದಲನೆಯ ಹೆಂಡತಿಗೆ ಕೊಟ್ಟುಬಿಟ್ಟರು. ಹಣವನ್ನು ಅವರಿಗೆ ಕಳಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆ ಹಲವಾರು ವಾರಗಳ ಕಾಲ ಮೊಬಲಗಿನ ಚೆಕ್ಕನ್ನು ತಾವು ಓದುತ್ತಿದ್ದ ಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ಪುಟದ ಗುರುತಾಗಿ ಬಳಸುತ್ತಿದ್ದರಂತೆ. ನಾತ್ಸಿಗಳು ಜರ್ಮನಿಯಲ್ಲಿ ಅಧಿಕಾರಕ್ಕೆ ಬಂದ ಮೇಲೆ ಅವರು ಅಮೆರಿಕಕ್ಕೆ ವಲಸೆಹೋಗಲು ನಿರ್ಧರಿಸಿದರಷ್ಟೆ. ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್ನಿನ ಇನ್ಸಿಟ್ಯೂಟ್ ಆಫ್ ಅಡ್ವಾನ್ಸ್ಡ್ ಸ್ಟಡೀಸ್‌ಗೆ ಅವರನ್ನು ಆಹ್ವಾನಿಸಲು ಆ ಸಂಸ್ಥೆಯ ಪ್ರತಿನಿಧಿ ಬಂದಿದ್ದ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ನಿರೀಕ್ಷಿಸುವ ಸಂಬಳ ಎಷ್ಟೆಂದು ಆತ ಕೇಳಿದಾಗ ಅವರು ವರ್ಷಕ್ಕೆ ಮೂರು ಸಾವಿರ ಡಾಲರ್ ಎಂದರಂತೆ. ಆ ಪ್ರತಿನಿಧಿ ಆಶ್ಚರ್ಯಚಕಿತನಾದುದನ್ನು ಕಂಡು ತಾವು ಕೇಳಿದುದು ಹೆಚ್ಚಾಯಿತೇನೋ ಎಂದು ನಾಚಿ, ಕಡಮೆ ಮೊಬಲಗನ್ನು ಹೆಸರಿಸಲು ತಡವರಿಸಿದರಂತೆ. ಕೊನೆಗೆ ಅವರ ಸಂಬಳ ವರ್ಷಕ್ಕೆ ಹದಿನಾರು ಸಾವಿರ ಡಾಲರ್ ಎಂದು ನಿರ್ಧರವಾಯಿತು.

ಅವರು ತಮ್ಮ ವೈಯಕ್ತಿಕ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ತೋರುತ್ತಿದ್ದ ಈ ಉದಾಸೀನತೆ ಮತ್ತು ನಿರ್ಲಿಪ್ತ ಮನೋಭಾವಗಳು ಉದ್ದೇಶಪೂರ್ವಕವಾಗಿ ಬೆಳೆಸಿಕೊಂಡವಲ್ಲ ; ಅವು ಅವರ ಸ್ವಭಾವಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದಂಥವು. ಅವುಗಳಿಂದ ಹಾನಿ ಏನಾದರೂ ಆಗುವುದಿದ್ದರೆ ಅದು ಕೇವಲ ಅವರಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಸೀಮಿತವಾಗಿದ್ದುದರಿಂದ ತಮ್ಮ ಆ ಸ್ವಭಾವಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ ನಡೆಯುವ ಪ್ರಯತ್ನವನ್ನು ಅವರು ಎಂದೂ ಮಾಡಲಿಲ್ಲ ಎಂದು ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಅವುಗಳಿಂದ ಇತರರ ಮೇಲೆ, ಅಂದರೆ ಸಮಾಜದ ಮೇಲೆ, ಒಟ್ಟು ಮಾನವ ಕುಲದ ಮೇಲೆ, ದುಷ್ಪರಿಣಾಮ ಉಂಟಾಗುವ ಸಂಭವವಿದ್ದಾಗ ಅವರು ಪ್ರಯತ್ನಪೂರ್ವಕವಾಗಿ ತಮ್ಮ ಸ್ವಭಾವವನ್ನು ತಿದ್ದಿಕೊಳ್ಳಲು ಶ್ರಮಿಸಿರುವುದುಂಟು. ಅಂತಹ ಸಂಭವವಿದೆಯೋ ಎಂದು ವಿಚಾರ ಮಾಡಬೇಕಾಗಿ ಬಂದಾಗ ಮಾನವ ಜೀವನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತಿ ವಹಿಸಲೇಬೇಕಿತ್ತಷ್ಟೆ. ಅಂತೆಯೇ ಅವರಿಗೆ ರಾಜಕೀಯ, ಅರ್ಥಶಾಸ್ತ್ರ, ಸಮಾಜಶಾಸ್ತ್ರ, ಧರ್ಮ, ತತ್ವಮೀಮಾಂಸೆ, ಎಲ್ಲದರಲ್ಲಿಯೂ ಗಾಢವಾದ ಆಸಕ್ತಿ ಇತ್ತು.

ವಸ್ತುಪ್ರಪಂಚವನ್ನೂ ಅದರಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನೂ ಕುರಿತ ನಮ್ಮ ತಿಳಿವಳಿಕೆಗೆ ಎರಡು ಶತಮಾನಗಳಿಗೂ ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ತತ್ವಗಳು ಆಧಾರವಾಗಿದ್ದವು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದ ಬಂದುದರಿಂದ ಅವು ತಮ್ಮ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಕೆಳಗಿಳಿದುವು. ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ತತ್ವಶಾಸ್ತ್ರದ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ

ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದ ನೀಡುವ ಉತ್ತರಗಳೇನು ಎಂಬ ಬಗ್ಗೆ ಎಲ್ಲೆಲ್ಲಿಯೂ ಆಸಕ್ತಿ ಕೆರಳಿತು. ನಮ್ಮ ಸಾಮಾನ್ಯ ಅನುಭವಗಳಿಗೆ ತಾಳೆ ಬೀಳದ ಮತ್ತು ನಮ್ಮ ಕಲ್ಪನೆಗೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ಎಟುಕದ ಅನೇಕ ವಿಚಿತ್ರ ತೀರ್ಮಾನಗಳು ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದದಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವುದರಿಂದ ಕೆಲವರು ಈ ಜಗತ್ತು ಸತ್ಯವಲ್ಲ, ಕೇವಲ ಭ್ರಮೆ ಎಂದು ಸಾರಿದರು. ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದ ಈ ಅಭಿಪ್ರಾಯವನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ಅವರು ವಾದಿಸಿದರು. ಮತ್ತೆ ಕೆಲವರು ಬೇರೊಂದು ನಿಲವನ್ನು ತಳೆದರು. ನಮ್ಮ ನೇರ ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಬರುವ ಜಗತ್ತಿನ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದ ಪರಿಷ್ಕರಿಸುತ್ತದೆಯೇ ವಿನಾ ಜಗತ್ತಿನ ಯಥಾರ್ಥತೆಯನ್ನು ಅದು ಎಂದಿಗೂ ಅಲ್ಲಗಳೆಯುವುದಿಲ್ಲ ಎಂದು ಸವಾಲು ಹಾಕಿದರು. ಈ ವಿವಾದದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದದ ಕರ್ತೃವಿನ ನಿಲವು ಏನು ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆ ಏಳುವುದು ಸಹಜ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸಿದ್ದಾರೆ. ತಾವು ಸಾಯುವುದಕ್ಕೆ ಸುಮಾರು ಒಂದು ದಶಕಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆ ತಮ್ಮ ಅರವತ್ತೇಳನೆಯ ವಯಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ಅವರು ಹೇಳಿರುವ ಈ ಕೆಳಗಿನ ಮಾತುಗಳು ಮಹತ್ವಪೂರ್ಣವಾದವು. ಅವರು ಮೊದಲಿನಿಂದಲೂ ಅಚಲವಾಗಿ ತಳೆದ ದೃಢ ನಿಲವನ್ನು ಅವು ನಿರೂಪಿಸುತ್ತವೆ : ''ಅಗೋ ಅಲ್ಲಿ ಹೊರಗಡೆ ಇದೆ, ಆ ಅಗಾಧವಾದ ಜಗತ್ತು. ಮನುಷ್ಯ ಜೀವಿಗಳಾದ ನಮ್ಮನ್ನು ಲೆಕ್ಕಿಸದೆ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿರುವ ಅದು ನಮ್ಮ ಮುಂದೆ ಒಂದು ಮಹಾ ಒಗಟಿನಂತೆ ನಿಂತಿದೆ. ಭಾಗಶಃವಾಗಿಯಾದರೂ ಅದು ನಮ್ಮ ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ಮತ್ತು ಚಿಂತನೆಗೆ ಎಟಕುತ್ತದೆ . . . . . ಆ ಜಗತ್ತನ್ನು ಕುರಿತ ಜಿಜ್ಞಾಸೆ ಬಂಧವಿಮೋಚನೆಯ ಭರವಸೆಯನ್ನು ನೀಡಿ ಕೈಬೀಸಿ ಕರೆಯಿತು. ಆದರೆ ಈ ಸ್ವರ್ಗದ ಹಾದಿ ಧಾರ್ಮಿಕ ಸ್ವರ್ಗದ ಹಾದಿಯಂತೆ ಹಿತಕರವಾಗಿಲ್ಲ, ನಿಜ. ಆದರೆ ಅದರಷ್ಟೇ ವಿಶ್ವಾಸಾರ್ಹವಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದಿದೆ. ಈ ಹಾದಿಯನ್ನು ಆಯ್ದುಕೊಂಡ ಬಗೆಗೆ ನಾನೆಂದೂ ವಿಷಾದಪಟ್ಟಿಲ್ಲ.''

ಜಗತ್ತು ಸತ್ಯವೆಂಬ ನಂಬಿಕೆ ಅವರಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ದೃಢವಾಗಿತ್ತೋ ಅದು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ನಿಯಮಬದ್ಧವಾದುದೆಂಬ ನಂಬಿಕೆಯೂ ಅಷ್ಟೇ ದೃಢವಾಗಿತ್ತು. ಅದೇ ಕಾರಣವಾಗಿ,, ಅನಂತರದ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಸಂದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಿಂದ ಅವರು ಹೊರಗಿರಬೇಕಾಗಿ ಬಂದಿತಲ್ಲದೆ ಅವರ ಆತ್ಮೀಯ ಸ್ನೇಹಿತರಾದ ನೀಲ್ಸ್ ಬೋರ್, ಮ್ಯಾಕ್ಸ್ ಬಾರ್ನ್ ಮತ್ತಿತರ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಮುಂದಾಳುಗಳಿಂದ ಒಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ದೂರ ಸರಿಯಬೇಕಾಗಿ ಬಂದಿತು.

ಇಪ್ಪತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಉಂಟಾದ ಮಹಾಕ್ರಾಂತಿಗೆ ಎರಡು ಆಧಾರ ಸ್ತಂಭಗಳು : ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದ ಮತ್ತು ಕ್ವಾಂಟಮ್ ವಾದ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆಯದು ಹೆಚ್ಚುಕಡಮೆ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಕೊಡುಗೆ. ಕ್ವಾಂಟಮ್ ವಾದದ ವಿಷಯ ಹಾಗಲ್ಲ. ಅದಕ್ಕೆ ಜನ್ಮವಿತ್ತವರು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್ ಪ್ಲ್ಯಾಂಕ್; ಅದಕ್ಕೆ ನೀರೆರೆದು ಬೆಳೆಸಿದವರು ಹಲವಾರು ಜನ. ಅವರಲ್ಲಿ

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರೂ ಒಬ್ಬರು. ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಕುರಿತ ಅವರ ಸಂಶೋಧನೆ ಕ್ವಾಂಟಮ್ ವಾದಕ್ಕೆ ಭದ್ರವಾದ ತಳಹದಿಯನ್ನೊದಗಿಸಿತು. ಆದರೆ ಅದರ ಮುಂದಿನ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಅವರು ಪಾಲ್ಗೊಳ್ಳುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗದೆ ಹೋದುದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ, ಆಗಲೇ ಸೂಚಿಸಿದಂತೆ ಅವರ ತತ್ವಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ನಿಲವು.

ಕ್ವಾಂಟಮ್ ವಾದದ ಮುಂದಿನ ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ಅಂಗವಾಗಿ ಕೆಲವು ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕ ಭಾವನೆಗಳು ರೂಪುಗೊಂಡುವು. ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಲ್ಲೊಂದನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲಿದೆ ಎಂದು ಕರಾರುವಾಕ್ಕಾಗಿ ಹೇಳಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲವೆಂಬುದು ಅಂತಹ ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕ ಭಾವನೆಗಳಲ್ಲೊಂದು. ಈ ಭಾವನೆಗೆ ಜನ್ಮವಿತ್ತವರಲ್ಲಿ ಒಬ್ಬರಾದ ಬಾರ್ನ್ ಅವರ ಪ್ರಕಾರ, ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಆಯ್ದುಕೊಂಡು ಅಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಇರಬಹುದಾದ ಸಂಭವನೀಯತೆ ಸೇಕಡ ಹತ್ತೋ ಐವತ್ತೋ ಎಂಬತ್ತೋ ಎಂದು ಲೆಕ್ಕಹಾಕಿ ಹೇಳಬಹುದೇ ಹೊರತು ಅದು ಇಂಥಲ್ಲಿಯೇ ಇದೆಯೆಂದು ಸೇಕಡ 100ರಷ್ಟು ಖಚಿತತೆಯಿಂದ ಹೇಳುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಈ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಇನ್ನೂ ಬೆಳೆಸಿ ಪರಿಷ್ಕರಿಸಿದವರು ಬಾರ್ನ್ ಅವರ ಆಪ್ತ ಶಿಷ್ಯರಾದ ವರ್ನರ್ ಹೈಸನ್‌ಬರ್ಗ್ ಅವರು. ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಸ್ಥಾನದ ಬಗ್ಗೆ ಖಚಿತತೆ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಾ ಹೋದಂತೆ ಅದರ ಆವೇಗದ (momentum) ಬಗ್ಗೆ ಅನಿಶ್ಚಿತತೆ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಅದರ ಆವೇಗ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಖಚಿತವಾಗುತ್ತಾ ಹೋದಂತೆ ಅದರ ಸ್ಥಾನದ ಬಗ್ಗೆ ಅನಿಶ್ಚಿತತೆ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ಅವರು ತೋರಿಸಿದರು. ಇದಕ್ಕೆ 'ಹೈಸನ್ ಬರ್ಗ್ ಅವರ ಅನಿಶ್ಚಿತತಾ ತತ್ವ' ಎಂದು ಹೆಸರು ಬಂದಿದೆ.

ನಿಸರ್ಗದ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಖಚಿತವಾದ ನಿಯತತೆ ಇಲ್ಲ, ಅನಿಶ್ಚಿತತೆಗೆ ಅಲ್ಲಿ ಇಷ್ಟರಮಟ್ಟಿನ ಆಸ್ಪದವಿದೆ ಎಂಬ ಅಭಿಪ್ರಾಯ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೆ ಹಿಡಿಸಲಿಲ್ಲ. ಕ್ವಾಂಟಮ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಈ ವಿನೂತನ ಭಾವನೆಗಳಿಂದ ನಿಯತತೆಗೇನೂ ಚ್ಯುತಿ ಬರುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ವಾದಿಸುವ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳೂ ಇದ್ದಾರೆ. ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಸ್ಥಾನ ಮತ್ತು ವೇಗಗಳನ್ನು ಸಂಭವನೀಯತೆಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಿದರೂ ಅದು ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಬದ್ಧವಾಗಿಯೇ ತಾನೆ, ಅಲ್ಲಿ ಸ್ವೇಚ್ಛೆಗೆ ಆಸ್ಪದವೆಲ್ಲಿದೆ ಎಂಬುದು ಅವರ ವಾದ. ಆದರೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿಯಾದರೋ ಅನಿಶ್ಚಿತತೆ ಯಾವ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ತಲೆಹಾಕಿದರೂ ಸರಿಯೆ, ಅದು ನಿಯತತೆಗೆ ಮಾರಕ. ಅಂತಹ ನಿಷ್ಠುರ ನಿಲುವು ತಾಳಿದುದರಿಂದ ಅವರು ಕ್ವಾಂಟಮ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಈ ಹೊಸ ಬೆಳವಣಿಗೆಯನ್ನು ಅಂಗೀಕರಿಸಲೇ ಇಲ್ಲ. ಹೊಸ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಾಖೆಯ ಮುಂದಾಳುಗಳಾದ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್ ಬಾರ್ನ್ ಮತ್ತು ನೀಲ್ಸ್ ಬೋರ್ ಅವರೊಂದಿಗೆ ಕೊನೆ ಮೊದಲಿಲ್ಲದೆ ವಿವಾದ ನಡೆಸಿದರು. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಅವರು ಹೇಳುತ್ತಿದ್ದ ಮತ್ತು ಅವರಿಗೆ ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಿಯವಾಗಿದ್ದ ಒಂದು ಮಾತೆಂದರೆ, "ದೇವರು ದುರವಗಾಹ್ಯನಿರಬಹುದು, ಗ್ರಹಿಕೆಗೆ

ಸುಲಭವಾಗಿ ಸಿಕ್ಕದಿರಬಹುದು, ಆದರೆ ಅವನು ತುಂಟನಲ್ಲ (God may be subtle, but not malicious)" ಎಂಬುದು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ದೇವರು ಎಂದರೆ ನಿಸರ್ಗ, ಅದರಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ನಿಯಮಬದ್ಧತೆ. ಅವರ ಈ ಮಾತನ್ನು ಅನೇಕ ಸಲ ಕೇಳಿದ್ದ ನೀಲ್ಸ್ ಬೋರ್ ಅವರು ಕೊನೆಗೊಂದು ಸಲ ಅಸಹನೆಯನ್ನು ನಟಿಸುತ್ತ, "ಹೀಗೆಯೇ ವರ್ತಿಸಬೇಕೆಂದು ದೇವರಿಗೆ ಉಪದೇಶ ಮಾಡುವುದನ್ನು ನೀವು ನಿಲ್ಲಿಸುವಿರೋ ಇಲ್ಲವೋ ?" ಎಂದು ಕೇಳಿದರಂತೆ.

ದೇವರು ಎಂಬ ಶಬ್ದವನ್ನು ನಿಸರ್ಗನಿಯಮ, ನಿಯತತೆ ಎಂಬ ಶಬ್ದಗಳಿಗೆ ಸಮಾನ ಶಬ್ದವಾಗಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಪದೇ ಪದೇ ಬಳಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಇನ್ನೊಂದು ಕಡೆ ಅನೇಕರು ಅವರ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದದಲ್ಲಿ ನಾಸ್ತಿಕತೆಯ ವಾಸನೆಯನ್ನು ಕಂಡರು. ಅವರು ಮೊತ್ತಮೊದಲ ಸಲ ಅಮೆರಿಕಕ್ಕೆ ಭೇಟಿ ಕೊಟ್ಟ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಬಾಸ್ಟನ್ನಿನ ಕಾರ್ಡಿನಲ್ ಓ'ಕಾನೆಲ್ ಅವರು ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದವನ್ನು "ನಾಸ್ತಿಕತೆಯ ಭೂತವು ಧರಿಸಿರುವ ಪೋಷಾಕು" ಎಂದು ವರ್ಣಿಸಿದರು. ಧರ್ಮದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಅವರ ನಿಲವು ಏನು ಎಂಬ ಬಗ್ಗೆ ಗಲಿಬಿಲಿಗೊಂಡ ಒಬ್ಬ ರ್‍ಯಾಬೈ (ಯೆಹೂದ್ಯ ಧರ್ಮ ಗುರು), "ನಿಮಗೆ ದೇವರಲ್ಲಿ ನಂಬಿಕೆ ಇದೆಯೆ ?" ಎಂದು ನೇರವಾಗಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರನ್ನೇ ಕೇಳಿದರು. ಅದಕ್ಕೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ನೀಡಿದ ಉತ್ತರ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿತ್ತು : "ತತ್ವಜ್ಞಾನಿ ಸ್ಪಿನೋಜ ಹೇಳಿರುವಂತೆ ನೈಸರ್ಗಿಕ ವ್ಯಾಪಾರಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಸಾಮರಸ್ಯದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ದೇವರು ನಮಗೆ ಗೋಚರಿಸುತ್ತಾನೆ ಎಂಬುದಾದರೆ ನನಗೆ ಆ ದೇವರಲ್ಲಿ ನಂಬಿಕೆ ಇದೆ; ಮನುಷ್ಯರ ಕಾರ್ಯಚಟುವಟಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಅವರ ಆಗುಹೋಗುಗಳಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತಿ ವಹಿಸುವ ದೇವರಲ್ಲಿ ನನಗೆ ನಂಬಿಕೆ ಇಲ್ಲ" ಎಂದುಬಿಟ್ಟರು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಯೆಹೂದ್ಯರಾಗಿ ಹುಟ್ಟಿ ಚಿಕ್ಕಂದಿನಲ್ಲಿ ಕ್ಯಾಥೊಲಿಕ್ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಶಿಕ್ಷಣ ಪಡೆದರಾದರೂ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಮತಧರ್ಮಗಳಾವುವೂ ಅವರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಉಂಟುಮಾಡಲಿಲ್ಲ. ಧರ್ಮಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಅವರ ನಿಲವು ಬಾಲ್ಯದಲ್ಲಿಯೇ ರೂಪುಗೊಂಡಿತು. ಅನಂತರದ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಆ ನಿಲವನ್ನು ಮೂಲಭೂತವಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸುವ ಆವಶ್ಯಕತೆ ಅವರಿಗೆ ಕಂಡುಬರಲಿಲ್ಲ. ಕೇವಲ ಹನ್ನೆರಡು ವರ್ಷದ ಬಾಲಕನಾಗಿದ್ದಾಗಲೇ ಹೇಗೆ ಅವರ ದೃಷ್ಟಿ ಖಚಿತರೂಪ ತಾಳಿತೆಂಬುದನ್ನು ಅವರು ಒಂದು ಕಡೆ ವರ್ಣಿಸಿದ್ದಾರೆ: "ಜನಪ್ರಿಯ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಓದಿದುದರ ಫಲವಾಗಿ, ಬೈಬಲಿನ ಬಹುಪಾಲು ಕಥೆಗಳು ನಿಜವಾದವಲ್ಲ ಎಂಬ ನಂಬಿಕೆ ನನ್ನಲ್ಲಿ ಬಹುಬೇಗ ಬೇರುಬಿಟ್ಟಿತು. ಅದರ ಪರಿಣಾಮ: ನನ್ನಲ್ಲಿ ಉಂಟಾದ, ನಿಜಕ್ಕೂ ಉನ್ಮತ್ತವೆನ್ನಬಹುದಾದ, ಸ್ವತಂತ್ರ ವಿಚಾರಪ್ರವೃತ್ತಿ ಹಾಗು ಪ್ರಭುತ್ವವು ಉದ್ದೇಶಪೂರ್ವಕವಾಗಿ ಸುಳ್ಳುಗಳನ್ನು ಹರಡಿ ಯುವಜನರನ್ನು ಮೋಸಗೊಳಿಸುತ್ತಿದೆ ಎಂಬ ದೃಢವಾದ ಭಾವನೆ. ಅದು ಎಂತಹ ಅದಮ್ಯ ಭಾವನೆಯಾಗಿತ್ತೆಂದರೆ, ಎಲ್ಲ ಬಗೆಯ ಅಧಿಕಾರತೆಯ ವಿಷಯದಲ್ಲಿಯೂ ಸಂಶಯ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಾಮಾಜಿಕ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿ

ರೂಢವಾಗಿರಬಹುದಾದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ನಂಬಿಕೆಯ ಬಗ್ಗೆಯೂ ಸಂದೇಹ ಮನೋಭಾವ –ಇವುಗಳಿಗೆ ಅದು ದಾರಿಮಾಡಿಕೊಟ್ಟಿತು. ಅನಂತರದ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯಕಾರಣ ಸಂಬಂಧಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಅರಿವು ಮೂಡಿದುದರ ಫಲವಾಗಿ ಅದರ ತೀಕ್ಷ್ಣತೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಕುಗ್ಗಿದೆಯಾದರೂ ಆ ಮನೋಭಾವ ಇಂದಿಗೂ ನನ್ನನ್ನು ಕೈಬಿಟ್ಟಿಲ್ಲ. "

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ತಮ್ಮ ಜೀವನದುದ್ದಕ್ಕೂ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಮತಧರ್ಮಗಳಿಂದ ದೂರ ಉಳಿದರಾದರೂ ಅವರು ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ತಾವು ಯೆಹೂದ್ಯರೆಂದು ಹೇಳಿಕೊಂಡು ಯೆಹೂದ್ಯರೊಡನೆ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಬೆರೆಯಬೇಕಾಗಿ ಬಂದುದು ಒಂದು ವಿರೋಧಾಭಾಸ. ಅದಕ್ಕೆ ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣ, ಮೊದಲನೆಯ ಜಗದ್ಯುದ್ಧ ಮುಗಿದ ತರುವಾಯ ಅಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದಿನ ಎರಡು ದಶಕಗಳಲ್ಲಿ ಯೂರೋಪಿನ ಯೆಹೂದ್ಯರಿಗೆ ಬಂದೊದಗಿದ ದುಃಸ್ಥಿತಿ ಎನ್ನಬಹುದು. ಜರ್ಮನಿಯಲ್ಲಿ ನಾತ್ಸಿಗಳು ಪ್ರಬಲರಾದಂತೆ ಅಲ್ಲಿಯೂ ನೆರೆಹೊರೆಯ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಯೆಹೂದ್ಯ ದ್ವೇಷದ ಹುಚ್ಚು ಅತಿಯಾಗಿ ಬೆಳೆದು ನಿರ್ದೋಷಿಗಳಾದ ಲಕ್ಷಾಂತರ ಯೆಹೂದ್ಯರು ಪ್ರಾಣ ಒಪ್ಪಿಸಬೇಕಾಗಿ ಬಂತು; ಉಳಿದವರು ದೇಶತ್ಯಾಗ ಮಾಡಬೇಕಾಗಿ ಬಂತು. ಆಗಿನ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಸದ್ಭಾವ ಉಳ್ಳ ಯಾವನೇ ಆಗಿರಲಿ, ಯೆಹೂದ್ಯರ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಸಹಾನುಭೂತಿ ತಳೆಯುವುದೂ ಅವರ ಪಕ್ಷಪಾತ ವಹಿಸುವುದೂ ಅನಿವಾರ್ಯವಾಗಿತ್ತು. ತಮ್ಮ ಸಹಜ ಮಾನವೀಯತೆಯಿಂದ ಯೆಹೂದ್ಯರೊಡನೆ ಒಂದಾದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್, ಸ್ವತಃ ತಾವೂ ಯೆಹೂದ್ಯರಾಗಿ ಹುಟ್ಟಿದ್ದುದು ಒಂದು ಆಕಸ್ಮಿಕ ಅಷ್ಟೆ.

ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಯೆಹೂದ್ಯ ರಾಷ್ಟ್ರಕ್ಕಾಗಿ ಶ್ರಮಿಸುತ್ತಿದ್ದ ಜಿಯೊನಿಸ್ಟ್ ಚಳವಳಿಗೆ ಅವರು ಬೆಂಬಲ ನೀಡಿದುದಕ್ಕೂ ಅದೇ ಕಾರಣ. ಅವರ ಜೀವನಚರಿತ್ರೆಯನ್ನು ಬರೆದಿರುವ ಅವರ ನಿಕಟವರ್ತಿ ಫಿಲಿಪ್ ಫ್ರಾಂಕ್ ಅವರ ಪ್ರಕಾರ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರೇನೋ ಜಿಯೊನಿಸ್ಟರಿಗೆ ಬೆಂಬಲ ನೀಡಿದರು, ಆದರೆ ಜಿಯೊನಿಸ್ಟರಲ್ಲಿ ಬಹುಪಾಲು ಜನಕ್ಕೆ ಅವರ ಬೆಂಬಲ ಅಪಥ್ಯವಾಗಿತ್ತು. ಏಕೆಂದರೆ, ಅರಬ್ಬರ ಜೀವನ ವಿಧಾನವನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಂಡು ಅವರೊಡನೆ ಸ್ನೇಹದಿಂದ ಬಾಳಬೇಕೆಂದು ಅವರು ಯೆಹೂದ್ಯರನ್ನು ಒತ್ತಾಯ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದರು.

ಪ್ರಾರಂಭದಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಕಟ್ಟಾ ಶಾಂತಿವಾದಿಯಾಗಿದ್ದರು. ಅವರ ಎರಡನೆಯ ಹುಟ್ಟುಗುಣವೋ ಎನ್ನುವ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಸಹಜವಾಗಿದ್ದ ಅವರ ಮಾನವ ಪ್ರೇಮದಿಂದಾಗಿ ಅಂತರ ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಶಾಂತಿ ಎಂಬುದು ಅವರಿಗೆ ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಿಯವಾದುದಾಗಿತ್ತು. ಅವರ ಶಾಂತಿವಾದವೇನಿದ್ದರೂ ಶಾಂತಿಯ ಬಗೆಗಿನ ಅವರ ಆಶಂಸೆಯಿಂದ ಹುಟ್ಟಿದುದೇ ವಿನಾ ಆಳವಾದ ವಿಚಾರದಿಂದಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದಲೇ ಯೂರೋಪಿನಲ್ಲಿ ಹಿಟ್ಲರ್ ಮತ್ತು ಮುಸೋಲಿನಿಯವರ ಪ್ರಾಬಲ್ಯ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ಶಾಂತಿವಾದ ಕಾರ್ಯಸಾಧ್ಯವಲ್ಲವೆಂಬ ಅರಿವು ಮೂಡಿ, ಅವರು ಕ್ರಮೇಣ ತಮ್ಮ ನಿಲವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿದರು.

ಆದರೆ ಶಾಂತಿವಾದದಲ್ಲಿ ಅವರಿಗಿನ್ನೂ ಒಲವಿದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ ತಮಗೆ ಒದಗಬಹುದಾಗಿದ್ದ ಆಪತ್ತನ್ನು ಲೆಕ್ಕಿಸದೆ ತಮ್ಮ ನಂಬಿಕೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ನಡೆದುಕೊಂಡರು. ಮೊದಲನೆಯ ಮಹಾಯುದ್ಧ ಪ್ರಾರಂಭವಾದಾಗ ಜರ್ಮನಿಯ ತೊಂಬತ್ತಮೂರು ಜನ ಬುದ್ಧಿಜೀವಿಗಳು ಒಂದು ಘೋಷಣೆಯನ್ನು ಹೊರಡಿಸಿ, ಜರ್ಮನ್ ಸಂಸ್ಕೃತಿಯನ್ನು ರಕ್ಷಿಸಲು ಯುದ್ಧ ಅಗತ್ಯವೆಂದೂ, ಎಲ್ಲರೂ ಯುದ್ಧಕ್ಕೆ ಬೆಂಬಲ ನೀಡಬೇಕೆಂದೂ ಕರೆ ನೀಡಿದರು. ಶಾಂತಿವಾದಿಯಾದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅದಕ್ಕೆ ಸಹಿ ಹಾಕಲು ನಿರಾಕರಿಸಿದುದು ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ ಅದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾದ ಒಂದು ಘೋಷಣೆಯನ್ನು ಹೊರಡಿಸಿ ಎಲ್ಲ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳ ವಿದ್ವಾಂಸರೂ ಏಕಕಂಠದಿಂದ ಯುದ್ಧವನ್ನು ಖಂಡಿಸಬೇಕೆಂದು ಕರೆ ಕೊಟ್ಟರು. ಆಳುವ ವರ್ಗಗಳ ಅದಕ್ಷತೆ ಮತ್ತು ಪಿತೂರಿಯೇ ಯುದ್ಧಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ಎಂದು ಸಾರಿದರು. ಅವರ ಘೋಷಣೆಗೆ ಸಹಿ ಹಾಕುವ ಧೈರ್ಯ ಮಾಡಿದವರು ಇನ್ನು ಮೂರು ಜನ ಮಾತ್ರ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಆಗ ಸ್ವಿಟ್ಸರ್ಲೆಂಡಿನ ಪ್ರಜೆ ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲ್ಪಟ್ಟದ್ದುದರಿಂದ ಅವರು ಕಾರಾಗೃಹದಿಂದ ಹೊರಗೆ ಉಳಿದರು. ಆದರೆ ಅವರನ್ನೂ ಅವರ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದವನ್ನೂ ಖಂಡಿಸುವ ಸಭೆಗಳು ದೇಶದಾದ್ಯಂತ ನಡೆದುವು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೆ ಸಮಾಜವಾದದಲ್ಲಿ ಅಚಲವಾದ ನಂಬಿಕೆ ಇತ್ತು. ಬಂಡವಾಳಶಾಹೀ ಪದ್ಧತಿಯ ಆರ್ಥಿಕ ಅರಾಜಕತೆಯೇ ಇಂದಿನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಲೋಪದೋಷಗಳೆಲ್ಲಕ್ಕೂ ಕಾರಣ ಎಂಬುದು ಅವರ ಅಭಿಪ್ರಾಯವಾಗಿತ್ತು. ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವದ ಅನಿರ್ಬಂಧಿತ ವಿಕಸನಕ್ಕೆ ಸಮಾಜವಾದ ಅಡಚಣೆಯೊಡ್ಡುತ್ತದೆ ಎಂಬುದು ಸಮಾಜವಾದವನ್ನು ವಿರೋಧಿಸುವವರ ಮೂಮೂಲು ವಾದ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಾದರೋ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವದ ಪೂರ್ಣವಿಕಾಸಕ್ಕಾಗಿಯೇ ಸಮಾಜವಾದವನ್ನು ಸ್ವಾಗತಿಸಿದುದು. ಬಂಡವಾಳಶಾಹೀ ಪದ್ಧತಿಯಲ್ಲಿ ಪೈಪೋಟಿ ಅನಿವಾರ್ಯ, ಆ ಪೈಪೋಟಿಯಿಂದ ಜನಶಕ್ತಿ ವೃಥಾ ಅಪವ್ಯಯವಾಗುವುದು, ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಸಾಮಾಜಿಕ ಪ್ರಜ್ಞೆ ಕುಂಠಿತವಾಗುವುದು, ಸಮಾಜಕ್ಕೆ ಇದಕ್ಕಿಂತ ದೊಡ್ಡ ಕೇಡು ಯಾವುದೂ ಇಲ್ಲ, ಪೈಪೋಟಿಯನ್ನು ನಿರ್ಮೂಲ ಮಾಡಲು ಇರುವುದೊಂದೇ ದಾರಿ: ಸಮಾಜವಾದ–ಇದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ವಾದಸರಣಿ. ಇದನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸಿರುವ ಒಂದು ಲೇಖನವನ್ನು ಅಮೆರಿಕ ಸರ್ಕಾರದ ಅನಾದರಣೆಗೆ ಪಾತ್ರವಾಗಿದ್ದ ಮಂತ್ಲೀ ರೆವ್ಯೂ ಪತ್ರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಅವರು ಪ್ರಕಟಿಸಿದರು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ರಾಷ್ಟ್ರೀಯತೆಯ ಸಂಕೋಲೆಗಳಿಂದ ಮುಕ್ತರಾಗಿದ್ದವರು. ನಂಬಿಕೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಅಷ್ಟೆ, ಮನಃಪ್ರವೃತ್ತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಅಷ್ಟೆ. ರಾಷ್ಟ್ರೀಯತೆಯನ್ನು ಅವರು "ಮಕ್ಕಳ ರೋಗ" ಎಂದು ಕರೆದರು. "ಅದು ಮಾನವ ಕುಲಕ್ಕೆ ತಗಲಿರುವ ದಡಾರ. ನಮ್ಮ ಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಮಕ್ಕಳು ಓದುವ ಪುಸ್ತಕಗಳು ಯುದ್ಧವನ್ನು ಕೊಂಡಾಡಿ ಅದರ ಘೋರ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಮರೆಮಾಚುತ್ತವೆ. ಮಕ್ಕಳ ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ

ದ್ವೇಷದ ಬೀಜವನ್ನು ಬಿತ್ತುತ್ತವೆ. ನಾನು ಶಾಂತಿಯನ್ನು ಬೋಧಿಸುವೆನೇ ವಿನಾ ಯುದ್ಧವನ್ನಲ್ಲ, ಪ್ರೀತಿಯನ್ನು ಹರಡುವೆನೇ ವಿನಾ ವೈರವನ್ನಲ್ಲ" ಎಂದಿದ್ದಾರೆ. ಜಗತ್ತಿನ ಎಲ್ಲ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳನ್ನೂ ಒಳಗೊಳ್ಳುವ ಏಕೈಕ ಸರ್ಕಾರವೇ ಅವರ ಅಂತಿಮ ಆದರ್ಶವಾಗಿತ್ತು. ಅದು ಸದ್ಯಕ್ಕೆ ಕಾರ್ಯಸಾಧ್ಯವಲ್ಲವಾದುದರಿಂದ ಎಲ್ಲ ಕ್ಷೇತ್ರ ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಎಲ್ಲ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಸಹಕಾರ ಮತ್ತು ಮೈತ್ರಿಯನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಅವರು ಶ್ರಮಿಸಿದರು. ಮೊದಲನೆಯ ಮಹಾಯುದ್ಧದ ತರುವಾಯ ಅಸ್ತಿತ್ವಕ್ಕೆ ಬಂದ ಲೀಗ್ ಆಫ್ ನೇಷನ್ಸ್ ಅನ್ನು ಸ್ವಾಗತಿಸಿದರು. ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಬೌದ್ಧಿಕ ಸಹಕಾರಕ್ಕಾಗಿ ನಿರ್ಮಿಸಲಾದ ಸಮಿತಿಯ ಸದಸ್ಯತ್ವವನ್ನು ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡು ಅದರಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡಿದರು.

ಅನಿವಾರ್ಯವಾಗಿ ಯಾವುದಾದರೊಂದು ರಾಷ್ಟ್ರದ ಪೌರತ್ವವನ್ನು ಪಡೆದಿರಲೇ ಬೇಕಾಗಿಬಂದುದರಿಂದ ತಮ್ಮ ಜೀವನದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಅವರು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ರಾಷ್ಟ್ರದ ಪ್ರಜೆ ಎಂದು ಘೋಷಿಸಿಕೊಂಡರೇ ವಿನಾ ಬುದ್ಧಿಪೂರ್ವಕವಾಗಿ ಅವರು ಯಾವ ರಾಷ್ಟ್ರಕ್ಕೂ ಅಂಟಿಕೊಂಡಿರಲಿಲ್ಲ. ಅವರು ನಿಜಕ್ಕೂ ವಿಶಾಲ ಜಗತ್ತಿನ ಪ್ರಜೆ. ಪ್ಯಾರಿಸ್ಸಿನ ಸಾರ್ಬನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದಲ್ಲಿ ಉಪನ್ಯಾಸ ಮಾಡಲು ಹೋಗಿದ್ದಾಗ ಅವರನ್ನು "ನೀವು ಯಾವ ರಾಷ್ಟ್ರದವರೆಂದು ಕರೆದುಕೊಳ್ಳುವಿರಿ?" ಎಂದು ಕೇಳಿದುದಕ್ಕೆ ಅವರು ಹೇಳಿದರಂತೆ: "ನಾನು ಯಾವ ರಾಷ್ಟ್ರದವನೆಂದು **ನಾನು** ಹೇಳಿದರೆ ಸಾಕೆ? ಜನ ಅದನ್ನು ಒಪ್ಪಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಿದ್ಧರಾಗಿದ್ದಾರೆಯೇ? ಈಗ ನಾನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿರುವ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದಕ್ಕೆ ವಿಜ್ಞಾನ ಪ್ರಪಂಚದ ಮನ್ನಣೆ ದೊರೆತರೆ ನಾನು ಜರ್ಮನ್ ಎಂದು ಒಪ್ಪಿಕೊಳ್ಳಲು ಜರ್ಮನರು ಸಿದ್ಧರಾಗಿರುತ್ತಾರೆ. ನೀವಾದರೋ ನಾನು ವಿಶಾಲ ಜಗತ್ತಿನ ಪ್ರಜೆ ಎನ್ನುತ್ತೀರಿ. ನನ್ನ ಸಿದ್ಧಾಂತ ತಪ್ಪೆಂದು ನಿರ್ಣಯವಾದರೆ ಆಗ ನಾನೊಬ್ಬ ಜರ್ಮನ್ ಎಂದು ನೀವು ತೆಗಳುತ್ತೀರಿ. ಜರ್ಮನ ರಾದರೊ, ನನ್ನನ್ನು ಯೆಹೂದ್ಯ ಎಂದು ಕರೆದುಬಿಡುತ್ತಾರೆ"

ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ದಂತಗೋಪುರಗಳಲ್ಲಿ ಕುಳಿತು ಜನಜೀವನವನ್ನು ಹೊರಗಿನವರಂತೆ ನಿರಾಸಕ್ತಿಯಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸುವುದು ಅಪರಾಧ ಎಂದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಬಗೆದಿದ್ದರು. ಅವರು ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಫಾನ್ ಲಾವ್ ಅವರಿಗೆ ಬರೆದ ಒಂದು ಪತ್ರದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಹೇಳಿದ್ದಾರೆ: "ರಾಜಕೀಯ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ, ಅಂದರೆ ವಿಶಾಲ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ಮಾನವ ವ್ಯವಹಾರಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ, ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮೌನವಾಗಿರಬೇಕು ಎನ್ನುವ ನಿಮ್ಮ ಅಭಿಪ್ರಾಯವನ್ನು ನಾನು ಒಪ್ಪುವುದಿಲ್ಲ. ಆ ಬಗೆಯ ಸಂಯಮ ನಮ್ಮನ್ನು ಎಲ್ಲಿಗೆ ಕೊಂಡೊಯ್ಯುವುದೆಂಬುದು ಜರ್ಮನಿಯ ನಿದರ್ಶನದಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗುವುದು. ಮದಾಂಧರೂ ಬೇಜವಾಬ್ದಾರರೂ ಆದವರಿಗೆ ನಾಯಕತ್ವವನ್ನು ಒಪ್ಪಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಅದು ಪರ್ಯವಸಾನವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂತಹ ಸಂಯಮ ಬೇಜವಾಬ್ದಾರಿಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುವುದಿಲ್ಲವೆ?" ಎಂದು ಕೇಳಿದ್ದಾರೆ.

ತಮ್ಮ ಈ ನಿಲವಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ತಮ್ಮ ಜೀವನ ದುದ್ದಕ್ಕೂ ಪ್ರಜಾಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯಕ್ಕಾಗಿ ಮತ್ತು ನಾಗರಿಕ ಹಕ್ಕುಬಾಧ್ಯತೆಗಳಿಗಾಗಿ ಹೋರಾಡಿದರು. ತಮ್ಮ ಸ್ವಭಾವಕ್ಕೆ ತಕ್ಕಂತೆ ಯಾರ ಕಣ್ಣಿಗೂ ಬೀಳದೆ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದ ಶಾಂತ ವಾತವರಣದಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಪಾಡಿಗೆ ತಾವಿರುವುದನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ರಾಜಕೀಯ ಜಂಜಾಟದಲ್ಲಿ ಪದೇ ಪದೇ ಸಿಕ್ಕಿಹಾಕಿಕೊಂಡರು. 1920ರ ದಶಕದಲ್ಲಿ ಕ್ರಮೇಣ ಪ್ರಬಲವಾಗುತ್ತಿದ್ದ ನಾತ್ಸಿಗಳು ಜರ್ಮನಿಯನ್ನು ವಿನಾಶದತ್ತ ಕೊಂಡೊಯ್ಯುತ್ತಿರುವರೆಂಬ ತಮ್ಮ ಅಭಿಪ್ರಾಯವನ್ನು ಮುಚ್ಚುಮರೆ ಇಲ್ಲದೆ ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಿದರು. ರಾಜಕೀಯ ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳಿಗಾಗಿ ನ್ಯಾಯಾಲಯಗಳಲ್ಲಿ ವಿಚಾರಣೆಯನ್ನೆದುರಿಸಬೇಕಾಗಿ ಬಂದಿದ್ದ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದ ಅಧ್ಯಾಪಕ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರುಗಳ ಪರವಾಗಿ ಅವರು ಸಾಕ್ಷ್ಯ ನೀಡಲು ಮುಂದೆ ಬಂದರು. ಜರ್ಮನಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಇತರ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಬಂದೀಖಾನೆಗಳಲ್ಲಿ ತೊಳಲುತ್ತಿದ್ದ ರಾಜಕೀಯ ಕೈದಿಗಳ ಬಿಡುಗಡೆಗಾಗಿ ಕರೆ ಇತ್ತರು. ಅಮೆರಿಕದಲ್ಲಿ ಕೃತ್ರಿಮ ಆಪಾದನೆಗಳ ಕಾರಣ ಮರಣದಂಡನೆಗೆ ಗುರಿಯಾಗಿದ್ದ ಸ್ಯಾಕೊ ಮತ್ತು ವ್ಯಾನ್ಸೆಟಿಯವರ ಬಿಡುಗಡೆಗಾಗಿ ಮನವಿ ಸಲ್ಲಿಸಿದರು.

ಇದೆಲ್ಲದರಿಂದ ಪ್ರಗತಿಗಾಮಿ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಅವರು ಬಹಳ ಅಪ್ರಿಯರಾಗಬೇಕಾಯಿತು. ನಾತ್ಸಿಗಳು ಅವರ ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಸುಟ್ಟುಹಾಕಿದರು. ಆಗ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವಿರೋಧಿಗಳ ನಾಯಕತ್ವ ವಹಿಸಿದಾತ ನೊಬೆಲ್ ಪ್ರಶಸ್ತಿ ವಿಜೇತ, ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಫಿಲಿಪ್ ಲೆನಾರ್ಡ್. " ರಾಜಕೀಯದಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ರಾಷ್ಟ್ರದ ಆರ್ಥಿಕ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಮಾರ್ಕ್ಸಿಸಮ್ ಎಂಬ ಹೆಸರಿನಿಂದ ಪರಿಚಿತವಾಗಿರುವ ಇದೇ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನಮ್ಮ ನಾಯಕ ಹಿಟ್ಲರ್ ನಿರ್ಮೂಲ ಮಾಡಿದ್ದಾರೆ. ಆದರೆ ಪ್ರಕೃತಿ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ಗೆ ಅನಾವಶ್ಯಕ ಪ್ರಾಶಸ್ತ್ಯ ನೀಡುವ ಮೂಲಕ ಆ ಶಕ್ತಿ ಇನ್ನೂ ಜೀವಂತವಾಗಿದೆ. ಯೆಹೂದ್ಯನೊಬ್ಬನ ಬೌದ್ಧಿಕ ಹಿಂಬಾಲಕನಾಗಿರುವುದು ಜರ್ಮನನ ಯೋಗ್ಯತೆಗೆ ತಕ್ಕುದಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಮನಗಾಣಬೇಕು. ನಿಜವಾದ ಪ್ರಕೃತಿ ವಿಜ್ಞಾನ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಆರ್ಯಮೂಲದ್ದು. ಹಿಟ್ಲರ್‌ಗೆ ಜಯವಾಗಲಿ ! " ಎಂದು ಆತ ಸಾರಿದ.

ಜರ್ಮನಿಯಲ್ಲಿ ನಾತ್ಸಿಗಳು ಸರ್ವಾಧಿಕಾರ ಸ್ಥಾಪಿಸಿದ ತರುವಾಯ ಅವರು ಅಮೆರಿಕಕ್ಕೆ ವಲಸೆ ಹೋಗುವುದು ಅನಿವಾರ್ಯವಾಯಿತು. ಆದರೆ ಅಲ್ಲಿಯೂ ಅವರಿಗೆ ಶಾಂತಿ ದೊರಕಲಿಲ್ಲ. ಎರಡನೆಯ ಯುದ್ಧ ಮುಗಿದ ತರುವಾಯ ತಲೆ ಎತ್ತಿದ ಮೆಕ್‌ಕಾರ್ತಿ ಯುಗದ ಕರಾಳ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಅವರು ನಾಗರಿಕ ಹಕ್ಕುಬಾಧ್ಯತೆಗಳಿಗಾಗಿ ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ಹೋರಾಡಿದರು. "1930ರಲ್ಲಿ ನಾನು ಜರ್ಮನಿಯಲ್ಲಿ ಕಂಡದ್ದೂ ಇಂತಹ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನೇ " ಎಂದರು. ಕಾಂಗ್ರೆಸ್‌ನ ಅನ್-ಅಮೆರಿಕನ್ ಆ್ಯಕ್ಟಿವಿಟೀಸ್ ಸಮಿತಿಯ ಮುಂದೆ ಹಾಜರಾಗಬೇಕಾಗಿ ಬಂದವರು ಅಲ್ಲಿ ಸಾಕ್ಷ್ಯ ನೀಡಲು ನಿರಾಕರಿಸಬೇಕೆಂದು ಅವರು ಕರೆ ಕೊಟ್ಟರು. "ತನ್ನ ದೇಶಕ್ಕಾಗಿ ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿಯೂ

ಸೆರೆಮನೆಗೆ ಹೋಗಲು ಸಿದ್ಧನಾಗಿರಬೇಕು, ಆರ್ಥಿಕ ವಿನಾಶವನ್ನೆದುರಿಸಲು ಸಿದ್ಧನಾಗಿರಬೇಕು, ವೈಯಕ್ತಿಕ ಸುಖವನ್ನು ತ್ಯಾಗಮಾಡಲು ತಯಾರಿರಬೇಕು" ಎಂದರು. "ಇಂತಹ ಬುದ್ಧಿವಾದವನ್ನು ಯಾರಾದರೂ ನೀಡಿದರೆ ಅವನೇ ಅಮೆರಿಕದ ಶತ್ರು" ಎಂದು ಸೆನೆಟರ್ ಜೋಸೆಫ್ ಮೆಕ್ ಕಾರ್ತಿ ಘೋಷಿಸಿದರು.

ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಸಾಮಾಜಿಕ ಜವಾಬ್ದಾರಿಯಿಂದ ವರ್ತಿಸಬೇಕೆಂಬ ಅವರ ದೃಢ ನಿಲವಿನಿಂದಾಗಿ ಇಷ್ಟೆಲ್ಲ ಮಾಡಿದರೂ ಈ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ತಾವು ಹೆಚ್ಚೇನೂ ಮಾಡಲಿಲ್ಲವೆಂದು ಅವರಿಗೆ ಬಹಳ ಅತೃಪ್ತಿ ಇತ್ತು. "ನನ್ನ ಸಹಮಾನವರ ಸ್ಥಿತಿಗತಿಗಳ ಸುಧಾರಣೆಗಾಗಿ, ಅನ್ಯಾಯದ ವಿರುದ್ಧ ಹೋರಾಡುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಮತ್ತು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾಗಿ ಹಿಂದಿನಿಂದ ಬಂದಿರುವ ಮಾನವ ಸಂಬಂಧಗಳನ್ನು ಉತ್ತಮಪಡಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ ನಾನು ಎಂದೂ ವ್ಯವಸ್ಥಿತ ಪ್ರಯತ್ನ ಮಾಡಲಿಲ್ಲ. ನಾನು ಮಾಡಿರುವುದೇನಿದ್ದರೂ ಇಷ್ಟೇ: ಸಾಮಾಜಿಕ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಅಧೋಗತಿಗೆ ಇಳಿದು ಅದರ ಬಗ್ಗೆ ಇನ್ನೂ ಮೌನವಾಗಿ ಕುಳಿತಿದ್ದರೆ ಅದಕ್ಕೆ ಬೆಂಬಲ ನೀಡಿದಷ್ಟೇ ಅಪರಾಧ ಮಾಡಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ನನ್ನ ಮನಸ್ಸಿಗೆ ಅನ್ನಿಸಿದಾಗ ನನ್ನ ಅಭಿಪ್ರಾಯವನ್ನು ಬಹಿರಂಗವಾಗಿ ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಿದ್ದೇನೆ, ಅಷ್ಟೆ" ಎಂದು ಮರುಗಿದ್ದಾರೆ.

ಅವರ ಕೊನೆಯ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಇನ್ನೊಂದು ಕೊರಗು ಅವರನ್ನು ಹಣ್ಣುಮಾಡಿಬಿಟ್ಟಿತು. ಎರಡನೆಯ ಮಹಾಯುದ್ಧ ಪ್ರಾರಂಭವಾದ ಹೊಸದರಲ್ಲಿ ಅವರಿಗೆ ಬಹು ಅಪ್ರಿಯವಾದ ಒಂದು ಕೆಲಸ ಅವರ ಕೈಯಿಂದ ಆಗಿಹೋಯಿತು. 1939ರಲ್ಲಿ ಆಟೊ ಹಾನ್ ಮತ್ತು ಸ್ಟ್ರಾಸ್‌ಮಾನ್ ಯುರೇನಿಯಮ್ ವಿದಳನವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು. ಅದಕ್ಕೆ ಐದು ವರ್ಷ ಮುಂಚೆಯೇ ಬೈಜಿಕ ಸರಣಿಕ್ರಿಯೆಯ ಕನಸು ಕಂಡಿದ್ದ ಸಿಲಾರ್ಡ್ ಅವರು, ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬಿಗೆ ಯುರೇನಿಯಮ್ ವಿದಳನ ದಾರಿಮಾಡಿಕೊಡಬಲ್ಲದೆಂಬುದನ್ನು ಕೂಡಲೇ ಮನಗಂಡರು. ಬಾಂಬ್ ತಯಾರಿಸುವುದು ಅವರಿಗೇನೂ ಬೇಕಿರಲಿಲ್ಲವಾದರೂ ನಾತ್ಸಿಗಳು ಅದರ ತಂತ್ರವನ್ನು ಕೈವಶಮಾಡಿಕೊಂಡರೆ ಗತಿ ಏನು ಎಂಬ ಭೀತಿಯಿಂದ ಅವರು ತತ್ತರಿಸಿದರು. ಆ ವಿಪತ್ತು ಸಂಭವಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆ ಮಿತ್ರರಾಷ್ಟ್ರಗಳು ಆ ತಂತ್ರವನ್ನು ಕರಗತ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಕ್ಷೇಮವೆಂದು ಅವರು ಬಗೆದರು. ಆ ಯೋಜನೆಗೆ ಅಗತ್ಯವಾಗುವ ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳನ್ನು ಕಲೆಹಾಕಲು ಅಮೆರಿಕಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯವಿತ್ತು. ಆದರೆ ಆ ಯೋಜನೆಯ ಆದ್ಯತೆಯನ್ನು ಅಮೆರಿಕದ ಸರ್ಕಾರಕ್ಕೆ ಮನವರಿಕೆ ಮಾಡಿಕೊಡುವುದು ಹೇಗೆ? ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲರಿಗಿಂತ ಪ್ರಭಾವಶಾಲಿಯಾದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಂದ ಮಾತ್ರ ಅದು ಸಾಧ್ಯ. ಹೀಗೆ ಯೋಚಿಸಿದ ಸಿಲಾರ್ಡ್, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಲ್ಲಿ ಈ ವಿಷಯ ಪ್ರಸ್ತಾಪ ಮಾಡಿದರು. ಅವರನ್ನು ಒಪ್ಪಿಸುವುದು ಅಷ್ಟೇನೂ ಸುಲಭವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಜೆಕೊಸ್ಲೊವೇಕಿಯದ ಯುರೇನಿಯಮ್ ಗಣಿಗಳು ಜರ್ಮನಿಯ ಕೈವಶವಾದ ತರುವಾಯ ಯುರೇನಿಯಮ್ ಅದುರಿನ ರಫ್ತನ್ನು ಜರ್ಮನರು ನಿಲ್ಲಿಸಿಬಿಟ್ಟಿರುವುದನ್ನು ಅವರ ಗಮನಕ್ಕೆ ತಂದಾಗ

ನಿಜವಾಗಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೂ ಆ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಭೀತಿಯುಂಟಾಯಿತು. ಜರ್ಮನರು ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬ್ ಯೋಜನೆಯನ್ನು ಕೈಗೊಂಡಿರುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ತಳ್ಳಿಹಾಕು ವಂತಿರಲಿಲ್ಲ. ಅಧ್ಯಕ್ಷ ರೂಸ್‌ವೆಲ್ಟರಿಗೆ ಈ ವಿಷಯವಾಗಿ ಎಚ್ಚರಿಕೆ ಕೊಡುವ ಒಂದು ಪತ್ರಕ್ಕೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸಹಿ ಹಾಕಿಬಿಟ್ಟರು. ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಮನ್‌ಹಾಟನ್ ಯೋಜನೆ ಕಾರ್ಯರೂಪಕ್ಕೆ ಬಂದು ಆರು ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಬಾಂಬು ಸಿದ್ಧವಾಯಿತು.

ಪರಮಾಣುಬಾಂಬಿನ ಮೊತ್ತಮೊದಲ ಪರೀಕ್ಷಾ ಪ್ರಯೋಗ ನಡೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಕೇವಲ ಮೂರು ತಿಂಗಳ ಮುಂಚೆ ಅಧ್ಯಕ್ಷ ರೂಸ್‌ವೆಲ್ಟ್ ಮಡಿದುದು ಒಂದು ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಮಾನವ ಕುಲದ ದುರ್ದೈವ. ಅವರ ತರುವಾಯ ಅಮೆರಿಕದಲ್ಲಿ ಅಧಿಕಾರಕ್ಕೆ ಬಂದ ಆಡಳಿತವರ್ಗ ಸಂಯಮದಿಂದ ವರ್ತಿಸಲಿಲ್ಲ. ಪರೀಕ್ಷಾ ಪ್ರಯೋಗ ನಡೆದ ಕೇವಲ ಮೂರು ನಾಲ್ಕು ವಾರಗಳಲ್ಲಿ ಜಪಾನಿನ ಹಿರೋಷಿಮ ಮತ್ತು ನಾಗಸಾಕಿ ನಗರಗಳು ಪರಮಾಣುಬಾಂಬಿಗೆ ಆಹುತಿಯಾದುವು. ಮಾನವೀಯತೆಯ ದೃಷ್ಟಿ ಹಾಗಿರಲಿ, ಕೇವಲ ಮಿಲಿಟರಿ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಸಹ ಆ ಬಾಂಬುದಾಳಿ ಅನಗತ್ಯ ವಾಗಿತ್ತು. ಆ ವೇಳೆಗಾಗಲೆ ಜಪಾನ್ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಪರಾಭವಗೊಂಡು ಶರಣಾಗುವ ಕಾಲ ಸನ್ನಿಹಿತವಾಗಿತ್ತು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ತಮ್ಮ ಜೀವಮಾನದಲ್ಲಿ ಅನುಭವಿಸಿದ ಅತ್ಯಂತ ಕ್ರೂರವಾದ ಪೆಟ್ಟು ಎಂದರೆ ಹಿರೋಷಿಮ, ನಾಗಸಾಕಿ ನಗರ ನಿವಾಸಿಗಳ ಮೇಲೆ ನಡೆದ ಈ ಅನಾಗರಿಕ ಬಾಂಬ್ ದಾಳಿ. ಪ್ರಜಾಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯದ ನೆಲೆವೀಡೆಂದು ಭಾವಿಸಿ ಅಲ್ಲಿಗೆ ವಲಸೆ ಬಂದಿದ್ದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರಿಗೆ ಮೆಕ್‌ಕಾರ್ತಿಸಮ್‌ನಿಂದ ಭ್ರಮನಿರಸನ ಉಂಟುಮಾಡಿದ್ದ ಅಮೆರಿಕ ಈಗ ಎರಡನೆಯ ಸಲ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ನಿರೀಕ್ಷೆಯನ್ನು ಸುಳ್ಳು ಮಾಡಿತು. “ಜರ್ಮನರು ಪರಮಾಣುಬಾಂಬ್ ತಯಾರಿಸು ವುದರಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ಗೊತ್ತಿದ್ದಿದ್ದರೆ ನಾನು ಆ ಬಾಂಬಿನ ಗೋಜಿಗೇ ಹೋಗುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ” ಎಂದು ಅವರು ಮರುಗಿದರು. ಜಪಾನ್‌ಗೆ, ಆ ಮೂಲಕ ಮಾನವ ಕುಲಕ್ಕೆ ಎಸಗಿದ ಘೋರ ಅಪರಾಧಕ್ಕೆ ತಾವೇ ಹೊಣೆಗಾರರೋ ಎಂಬಂತೆ ಅವರು, ಜಪಾನೀ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಹಿಡೇಕಿ ಯುಕಾವ ಅವರನ್ನು ಭೇಟಿಯಾದಾಗ ಹನಿಗೂಡಿದ ಕಣ್ಣಿನಿಂದ ಕ್ಷಮಾಪಣೆ ಕೇಳಿದರು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಜೀವಮಾನವನ್ನೂ ಅವರ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವವನ್ನೂ ಅವಲೋಕಿಸಿ ದಾಗ ಅವರು ಹಲವಾರು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮೂರ್ತಿವೆತ್ತ ವಿರೋಧಾಭಾಸವಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತಾರೆ. ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಅವರ ಪಾತ್ರವನ್ನು ನೋಡಿದರೆ, ಈ ಶತಮಾನದ ಅತ್ಯಂತ ಕ್ರಾಂತಿಕಾರೀ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಾದ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದ ಮತ್ತು ಕ್ವಾಂಟಮ್ ವಾದ—ಎರಡಕ್ಕೂ ಅವರು ಆದ್ಯ ಪ್ರವರ್ತಕರೆನಿಸಿಕೊಂಡರು. ಆದರೆ ಕ್ವಾಂಟಮ್ ವಾದದ ಮುಂದಿನ ಬೆಳವಣಿಗೆ ಯಿಂದ ದೂರ ಸರಿದು ನಿಂತರು. ವೈಯಕ್ತಿಕ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ನೋಡಿದರೆ ಜನರ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಬೀಳಲು ಯಾರೂ ಹಿಂಜರಿಯದಷ್ಟು ಹಿಂಜರಿದರು. ಆದರೆ ಯಾವ ವಿಜ್ಞಾನಿಯೂ

ಪಡೆಯದಷ್ಟು ಪ್ರಚಾರವನ್ನು ಪಡೆದರು. ಸಹಮಾನವರ ಬಗೆಗೆ ಅವರಷ್ಟು ಅನುಕಂಪ ತೋರಿಸಿದವರೂ ವಿರಳ ; ಪ್ರವೃತ್ತಿಯಿಂದ ಅವರಷ್ಟು ಏಕಾಂಗಿಯಾಗಿದ್ದವರೂ ವಿರಳ. ಅವರ ಸಮಿಾಪವರ್ತಿಯಾಗಿದ್ದ ಇನ್‌ಫೆಲ್ಡ್ ಅವರು "ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರಷ್ಟು ಏಕಾಂಗಿಯಾಗಿದ್ದ ಮತ್ತು ನಿರ್ಲಿಪ್ತರಾಗಿದ್ದ ಬೇರೊಬ್ಬರನ್ನು ನಾನು ಕಂಡಿಲ್ಲ. ಅಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಅವರ ದಯಾಪರತೆ, ನಿಷ್ಕಲ್ಮಷವಾದ ಸಜ್ಜನಿಕೆ, ವ್ಯಕ್ತಿಗಳ ಬಗೆಗೂ ಸಾಮಾಜಿಕ ವಿಷಯಗಳ ಬಗೆಗೂ ಅವರ ನೇರವಾದ ನಡವಳಿಕೆ ಇವೆಲ್ಲವೂ ಮೇಲುನೋಟಕ್ಕೆ ಹಾಗೆ ಕಾಣುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲವಾದರೂ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ನಿರ್ಲಿಪ್ತತೆಯಿಂದ ಕೂಡಿದ್ದವು. ಅವರ ಹೃದಯ ಬಿರಿಯುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ, ಅವರ ಕಣ್ಣು ನೀರು ಸುರಿಸುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಅವರ ಕೃತಿಯಾದರೋ ಹೃದಯ ಬಿರಿಯುವವನ, ಕಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ ನೀರು ಸುರಿಸುವವನ ಕೃತಿಯಾಗಿರುತ್ತಿತ್ತು . . . . . . ನಾನು ಎರಡು ವರ್ಷಕಾಲ ಹೆಚ್ಚುಕಡಮೆ ಪ್ರತಿನಿತ್ಯ ಅವರನ್ನು ನೋಡುತ್ತಿದ್ದೆ . . . . . . ಆ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ದಿನ ಕಳೆದಂತೆ ಅವರ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಾಧನೆಗೆ ಸಂಬಂಧವೇ ಇರದಿದ್ದ ಒಂದು ದೊಡ್ಡತನ ಅವರಲ್ಲಿದ್ದುದು ನನ್ನ ಅರಿವಿಗೆ ಬಂತು. ವಿಜ್ಞಾನ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ನಾನು ಅವರಿಂದ ಬಹಳಷ್ಟು ಕಲಿತೆ. ವರ್ಷಗಳು ಕಳೆದಂತೆ ವಿಜ್ಞಾನದ ಹೊರಗಡೆ ಅವರಿಂದ ಕಲಿತ ವಿಷಯಗಳು ನನಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಅಮೂಲ್ಯವಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತಿವೆ . . . . . . ಹೃದಯದಿಂದ ಹೊಮ್ಮದೆ ಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ವಿಚಾರಧಾರೆಯಿಂದ ಹೊಮ್ಮುವ ಕರುಣೆ ಎಂದರೇನೆಂಬುದು ನನ್ನ ಅರಿವಿಗೆ ಬಂತು" ಎಂದಿದ್ದಾರೆ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಎಷ್ಟು ದೊಡ್ಡ ವಿಜ್ಞಾನಿಯೋ ಅಷ್ಟೇ ದೊಡ್ಡ ವ್ಯಕ್ತಿಯೂ ಆಗಿದ್ದರು. ಬಹುಕಾಲ ಅವರ ನಿಕಟವರ್ತಿಯಾಗಿದ್ದ ಅರ್ಥಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞ ಆಟೊ ನಾಥನ್ ಒಂದು ಸಲ "ಅವರು ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಏನೊಂದನ್ನೂ ಮಾಡದೆ ಹೋಗಿದ್ದರೂ ಈ ಶತಮಾನದ ಒಬ್ಬ ಮಹಾಪುರುಷ ಎನ್ನಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಿದ್ದರು" ಎಂದಿದ್ದಾರೆ. ಈ ಶತಮಾನದ ಇನ್ನೊಬ್ಬ ಮಹಾಪುರುಷರಾದ ಮಹಾತ್ಮ ಗಾಂಧಿಯವರ ಬಗ್ಗೆ ಬರೆಯುತ್ತ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು, "ಇಂತಹ ಒಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿ ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಜೀವಂತವಾಗಿದ್ದು ಈ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ನಡೆದಾಡಿದ ಎಂದು ನಂಬಲು ಮುಂದಿನ ತಲೆಮಾರುಗಳ ಜನಕ್ಕೆ ಕಷ್ಟವಾಗುವುದು" ಎಂದಿದ್ದಾರೆ. ಈ ಮಾತುಗಳು ತಮ್ಮ ವಿಷಯದಲ್ಲಿಯೂ ಅಷ್ಟೇ ಅರ್ಥಪೂರ್ಣವಾದುದೆಂಬುದು ಬಹುಶಃ ಅವರಿಗೆ ತಿಳಿದಿರಲಿಲ್ಲ.

ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್‌ನಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವಾಸಿಸುತ್ತಿದ್ದ ಮನೆಯಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿದ್ದ ಒಂದು ಮನೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪುಟ್ಟ ಹುಡುಗಿ ಇತ್ತು. ಆ ಹುಡುಗಿ ಆಗಾಗ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಮನೆಗೆ ಹೋಗಿ ಬರುತ್ತಿದ್ದ ವಿಷಯ ಹುಡುಗಿಯ ತಾಯಿಗೆ ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಅವಳೊಂದಿಗೆ ಆಡಬಹುದಾದ ಚಿಕ್ಕ ಮಕ್ಕಳು ಯಾರೂ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರ ಮನೆಯಲ್ಲಿರಲಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ತಾಯಿಗೆ ಆಶ್ಚರ್ಯವಾಯಿತು. ಅದರ ಬಗ್ಗೆ ಆಕೆ ಮಗುವನ್ನು ಕೇಳಿದ್ದಕ್ಕೆ ಆ ಮಗು, "ಮನೆಯಲ್ಲಿ ಮಾಡಲು ಮಾಸ್ಟರು ಲೆಕ್ಕಗಳನ್ನು ಕೊಟ್ಟಿದ್ದರು. ಅವುಗಳ ಪೈಕಿ ಕೆಲವು ಲೆಕ್ಕಗಳು ನನಗೆ ಗೊತ್ತಾಗಲಿಲ್ಲ 112ನೇ ನಂಬರಿನ ಮನೆಯಲ್ಲಿ ಒಬ್ಬ ದೊಡ್ಡ ಗಣಿತ ವಿದ್ವಾಂಸರಿದ್ದಾರೆಂದೂ ಅವರು ತುಂಬಾ ಒಳ್ಳೆಯವರೆಂದೂ ಯಾರೋ ಹೇಳಿದ್ದರು. ನಾನು ಹೋಗಿ ಆ ಮನೆಯಲ್ಲಿರುವ ತಾತನನ್ನು ಕೇಳಿದೆ. ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಅವರು ತುಂಬಾ ಒಳ್ಳೆಯವರು. ಬಹಳ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಅರ್ಥವಾಗುವಂತೆ ಹೇಳಿಕೊಟ್ಟರು. ಅಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ, ಕಷ್ಟವಾದ ಲೆಕ್ಕಗಳೇನಾದರೂ ಇದ್ದರೆ ಯಾವಾಗಬೇಕಾದರೂ ಬಾ ಅಂದರು. ಅದಕ್ಕೆ ನಾನು ಆಗಾಗ ಹೋಗಿ ಹೇಳಿಸಿಕೊಂಡು ಬರುತ್ತೇನೆ" ಎಂದಿತು.

ತಾಯಿ ತನ್ನ ಮಗುವಿನ ದಿಟ್ಟತನವನ್ನು ಕಂಡು ಆಶ್ಚರ್ಯಪಟ್ಟಳು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಏನೆಂದುಕೊಂಡರೋ ಎಂದು ಗಾಬರಿಗೊಂಡು ಅವರ ಕ್ಷಮೆ ಕೇಳಲು ಹೋದಳು. ಅದಕ್ಕೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್, "ಇದಕ್ಕಾಗಿ ನೀನು ಕ್ಷಮೆ ಕೇಳುವ ಅಗತ್ಯವಿಲ್ಲಮ್ಮಾ. ನಿನ್ನ ಮಗಳು ನನ್ನಿಂದ ಕಲಿತುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ನಾನು ಆ ಮಗುವಿನಿಂದ ಕಲಿತಿದ್ದೇನೆ" ಎಂದರು.

ಡಾ|| ಎ. ಆರ್. ಪ್ರಸನ್ನ

ವಿಶ್ವ ವಿಜ್ಞಾನ

ಅನಾದಿ ಕಾಲದಿಂದಲೂ ಮಾನವನಿಗೆ ಅತ್ಯಾಶ್ಚರ್ಯವಾದದು ತನ್ನ ಸುತ್ತಲಿರುವ ವಿಶ್ವ. ವಿಶ್ವವೆಂರೇನು? ಸ್ಥಳ, ಕಾಲ ಮತ್ತು ವಸ್ತುರಾಶಿ, ಇವುಗಳ ಸಮೂಹವೇ ವಿಶ್ವ. ಇದರ ಅರಿವನ್ನು ಮಾಡಿಕೊಡುವ ವಿಜ್ಞಾನವೇ ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನ. ಈ ಬಗ್ಗೆ 400 ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಮಾನವನಿಗೆ ವಿಶ್ವದಪರಿಚಯು ಕೇವಲ ತನ್ನ ಕಣ್ಣಿನ ಗೋಚರಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ವ್ಯಾಪ್ತವಾಗಿತ್ತು. ನಂತರ ದೂರದರ್ಶಕದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಅಗೋಚರವಾದ ವಸ್ತುರಾಶಿ (Matter) ಮಾನವನ ಗೋಚರಕ್ಕೆ ನಿಲುಕಿತು. ಇದುವೇ ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನದ ಜನನವೆನ್ನಬಹುದು. ಒಂದುವಸ್ತುವಿನ ಗೋಚರಿಕೆ ಅದರ ಪ್ರಕಾಶದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಬೆಳಕು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗ. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗ ವಿವಿಧ ಅಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವುದು. ಇದರಲ್ಲಿ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಗೋಚರ ವಾಗುವ ತರಂಗಾಂತರ ಬಹಳ ನಿಯಮಿತವಾದುದು. (10^4–10^3 $°A$; ಒಂದು $°A = 10^{-8}$ cm) ವಿಶ್ವದ ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುಗಳೂ ಅವುಗಳ ಉಷ್ಣತೆಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಪ್ರಕಾಶಿಸುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ ಅವುಗಳಿಂದ ವಿವಿಧ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತಿ ವಿಕಿರಣೋತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳು ರೇಡಿಯೋ ಅಲ್ಪಅಲೆ (Radio maicrowave) ತೀರ್ವ ಕೆಂಪು (Inforared) ಬೆಳಕು(Optical) ಅತಿ ನೇರಳೆ (Ultraviolet) ಕ್ಷ–ಕಿರಣ (X-rays) ಮತ್ತು ಗ್ಯಾಮಕಿರಣ (R-rays). ಈ ಬಗ್ಗೆ ನಲವತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ವಿಶ್ವದ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳು ಮಾನವನಿಗೆ ಗೋಚರ ವಾಗಿ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರ ಜನನವಾಯಿತು. ತಾಂತ್ರಿಕತೆ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ಭೂಮಿ ಯಾಚೆಯಿಂದ ಬರುವ ಮಿಕ್ಕೆಲ್ಲಾ ತರಂಗಗಳೂ ಮಾನವನ ಗೋಚರಕ್ಕೆ ಸಿಲುಕಿ ತೀವ್ರಕೆಂಪು, ಅತಿನೇರಳೆ, ಕ್ಷ–ಕಿರಣ ಹಾಗೂ ಗ್ಯಾಮ–ಕಿರಣ ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರಗಳು ಜನನವಾದವು. ಈ ಬಗ್ಗೆ ಸುಮಾರು ಎಂಟು ವರ್ಷಗಳಿಂದ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಂದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ವಿಶ್ವದ ವಿವಿಧ ವಸ್ತುರಾಶಿಯುನ್ನು ವಿವಿಧತರಂಗಗಳಲ್ಲಿ ಅವಲೋಕಿಸಿ, ವಿಶ್ವದ ಸೃಷ್ಟಿ ಹಾಗೂ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಮಾನವನ ಗೋಚರಕ್ಕೆ ನಿಲುಕಿಸಿದ್ದಾರೆ. ವಿಶ್ವದ ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುರಾಶಿಯೂ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಗೆ ಒಳಪಟ್ಟು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು

ಹೊಂದಿಕೊಂಡಿದೆಯೆಂದು ನ್ಯೂಟನ್‌ರವರ ಸಿದ್ಧಾಂತ ತಿಳಿಸುತ್ತದೆ. ನ್ಯೂಟನ್‌ರವರ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಭೂಮಿಯ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ಹಾಗೂ ಸೂರ್ಯ ಮತ್ತು ಗ್ರಹಗಳ ನಡುವಿನ ಹೊಂದಿಕೆಯನ್ನು ಬಹಳಷ್ಟು ಚೆನ್ನಾಗಿ ವಿವರಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ನ್ಯೂಟನ್‌ರವರ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ರ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಹೊಂದಿಕೆಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ರ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಇರುವಂತೆ ಕ್ಷೇತ್ರವೆಂಬ ಅಂಶವು ನ್ಯೂಟನ್‌ರ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿಲ್ಲ. ನ್ಯೂಟನ್‌ರ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯು ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಇನ್ನೊಂದು ವಸ್ತುವಿಗೆ ಯಾವ ಮಿತಿಯೂ ಇಲ್ಲದ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್‌ರ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದಲ್ಲಿ (ಅಂದರೆ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 186,000 ಮೈಲಿಗಳು) ಸಂಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ತರಂಗಗಳು ಆ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿನ ಕ್ಷೋಭೆ (disturbance). ಇದರಿಂದಾಗಿ ವಿವಿಧ ವೀಕ್ಷಕರು ಈ ಎರಡೂ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಅನುಸರಿಸುವ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಒಬ್ಬರಿಗೊಬ್ಬರು ಹೊಂದಿಸಿ ನೋಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಇದರಿಂದಾಗಿದ್ದ ಕಷ್ಟವನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರ ಸಾಪೇಕ್ಷಸಿದ್ಧಾಂತವು ಬಗೆಹರಿಸಿತು. ಸಾಪೇಕ್ಷಸಿದ್ಧಾಂತವು ಮೂಲಭೂತವಾಗಿ ಕಾಲ ಹಾಗೂ ಸ್ಥಳವನ್ನು ಒಂದುಗೂಡಿಸಿ ವಿಶ್ವದ ಎಲ್ಲಾ ನಿಯಮಗಳು ಎಲ್ಲಾ ವೀಕ್ಷರಿಗೂ ಒಂದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಗೋಚರಿಸಬೇಕೆಂದು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸಿತು. ಇದನ್ನು ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅಳವಡಿಸಲು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರಸ್ಥಾಪಿಸಿ, ಈ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಸ್ಥಳ ಹಾಗೂ ಕಾಲದ ವಕ್ರತೆಗೆ (Curvature) ಹೊಂದಿಸಿದರು. ವಸ್ತುರಾಶಿಯು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸುವುದರಿಂದ ಹಾಗೂ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣವು ಸ್ಥಳ ಹಾಗೂ ಕಾಲದ ವಕ್ರತೆಯನ್ನು (space-time curvature) ಉಂಟುಮಾಡುವುದರಿಂದ, ಸ್ಥಳ–ಕಾಲ ಹಾಗೂ ವಸ್ತುರಾಶಿಯ ನಿಕಟಸಂಬಂಧ ಸಾಪೇಕ್ಷಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅಳವಡಿಸಿದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನ ರಚನೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷಸಿದ್ಧಾಂತ ಸೂಕ್ತವಾದ ಸಿದ್ಧಾಂತ.

ವಿಶ್ವದ ವಸ್ತುರಾಶಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು, ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡಗಳು (Galaxies), ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡ ಸಮೂಹಗಳು–ಹೀಗೆ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿದೆ. ವಿಶ್ವದ ಅಗಾಧತೆಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಇವುಗಳ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಂದ್ರತೆ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ. ಇಂದಿನ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ವಿಶ್ವದ ವಸ್ತುರಾಶಿಯ ಸಾಂದ್ರತೆ ಒಂದು ಘನ ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿಗೆ 10^{-31} ಗ್ರಾಂಗಳು ಮಾತ್ರ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ವಿಶ್ವವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುವಾಗ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಹಾಗೂ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡಗಳನ್ನು ಕೇವಲ ಕಣಗಳಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಣವೂ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ, ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಗೆ ಅವಲಂಬಿಸಿದಂತೆ ಒಂದು ವಿಶ್ವರೇಖೆ (World line)ಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ವಿಶ್ವರೇಖೆ ಒಂದು ಕಣದ, ಹುಟ್ಟಿನಿಂದ ಸಾವಿನವರೆಗಿನ, ಚರಿತ್ರೆಯನ್ನು ತಿಳಿಸುತ್ತದೆ. ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಇಡೀ ವಿಶ್ವದ ಚರಿತ್ರೆ

ಯನ್ನು ಅರಿಯಬೇಕಾದುದರಿಂದ ವಿವಿಧ ಕಣಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಅರಿವಾಗುವಂತಿರಬೇಕು. ಹಾಗೂ ನಮ್ಮ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಸ್ಥಾನವು ಕ್ಷಣದಿಂದ ಕ್ಷಣಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗುತ್ತಿದ್ದರೂ ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲಿನ ದೂರದ ವಸ್ತುರಾಶಿಯ ಗೋಚರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಏನೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಕಂಡುಬರದಂತಿರಬೇಕು. ಈ ಎರಡೂ ಅಂಶಗಳನ್ನು ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಎಲ್ಲಾ ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನದ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳೂ ಎರಡು ತತ್ವಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತವೆ.

(1) ವೈಲ್‌ಪಾಸ್ಚುಲೇಟ್ : ಯಾವುದೇ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿಯಾದರೂ ವಿಶ್ವದ ಎಲ್ಲಾ ಕಣಗಳ ವಿಶ್ವರೇಖೆಗಳು ಕಾಲದ ರೀತಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತವೆ (Perpendicular to the time like hyper surface)

(2) ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನ ಸಿದ್ಧಾಂತ : ಯಾವುದೇ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ, ವಿಶ್ವದ ಎಲ್ಲಾ ವೀಕ್ಷಕರಿಗೂ ವಿಶ್ವವು ಒಂದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಗೋಚರಿಸುತ್ತದೆ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನನುಸರಿಸಿ ವಿಶ್ವವನ್ನು ರೂಢಿಸುವ ಮಾಡೆಲ್‌ಗಳನ್ನು (Model) ಪಡೆದವರಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆಯವರು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರೇ. ಆದರೆ ಇವರ ಮಾಡೆಲ್‌ನಲ್ಲಿ ವಸ್ತುರಾಶಿಗೆ ಚಲನೆಯೇ ಇಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಸ್ಥಾಯಿ ಮಾಡೆಲ್ (Static Model) ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಸುಮಾರು ಅದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಮಾಡೆಲ್‌ಗೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ ಡಿಸಿಟರ್ ಎಂಬ ಹಾಲೆಂಡ್ ದೇಶದ ಖಗೋಳ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞ ಇನ್ನೊಂದು ಮಾಡೆಲ್ ಸೃಷ್ಟಿಸಿದ. ಅದರಲ್ಲಿ ವಸ್ತುರಾಶಿಯೇ ಇಲ್ಲದೆ ಕೇವಲ ಚಲನೆ ಮಾತ್ರಮೂಡಿದ್ದಿತು. 1922ರಲ್ಲಿ ಫ್ರೀಡ್‌ಮನ್ ಎಂಬ ರಷ್ಯದ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಮಾಡೆಲ್‌ಗಳ ಸಮೂಹವನ್ನೇ ಹೊಂದಿಸಿದರು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ವಸ್ತುರಾಶಿಯೂ ಮತ್ತು ಚಲನೆಯೂ ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ನಿರೂಪಿತವಾಗಿವೆ.

ಇಂದಿನ ಮುಖ್ಯವಾದ ಎರಡು ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ಫ್ರಿಡ್‌ಮನ್‌ಗಳವರ ಮಾಡೆಲ್ ಅನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿವೆ. ಇವುಗಳು (1) ಬಿಗ್‌ಬೇಂಗ್ (ಮಹಾಸ್ಫೋಟ) ಸಿದ್ಧಾಂತ ಹಾಗೂ(2) ಸ್ಥಾಯಿಸ್ಥಿತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತ (Steady State Theory)

ಈಗ ನಾವು ಈ ಎರಡು ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಅವಲೋಕಿಸೋಣ. ಮಹಾಸ್ಫೋಟ ಸಿದ್ಧಾಂತದಜನಕರು ಅಬ್ಬೆಲೆಮ್ಯೆಕರ್. ಇವರ ಪ್ರಕಾರ ಈಡೀ ವಿಶ್ವವು ಮಹಾ ಪರಮಾಣುವಿನ ಸ್ಫೋಟದಿಂದಾಗಿ ಉದ್ಭವಿಸಿತು. ಈ ಸ್ಫೋಟ ಈಗ್ಗೆ ಸುಮಾರು ಸಾವಿರದ್ವೆನೂರು ಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳ (10^{10} years) ಹಿಂದೆ ಉಂಟಾಗಿರಬೇಕು. ಈ ಸ್ಫೋಟದಿಂದ ವಿಶ್ವದ ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುರಾಶಿಯೂ ಹೊರಹೊಮ್ಮಿ ವಿಸ್ತಾರವಾಗುತ್ತಿದೆಯೆಂದು ನಂಬಿಕೆ.

ಇದಕ್ಕೆ ವ್ಯತಿರಿಕ್ತವಾಗಿ ಸ್ಥಾಯಿಸ್ಥಿತಿವಾದ (Steady state theory) ಹೇಳುವುದು ಏನೆಂದರೆ ವಿಶ್ವವು ಎಲ್ಲಾ ವೀಕ್ಷಕರಿಗೂ ಎಲ್ಲಾ ಕಾಲದಲ್ಲೂ ಒಂದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಗೋಚರಿಸುತ್ತಿದೆ. ಇದನ್ನು ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನತತ್ವ (Perfect cosmological

principle) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು 1948ರಲ್ಲಿ ಹರ್ಮನ್‌ಬಾಂಧಿ ಹಾಗೂ ಥಾಮಸ್‌ಗೋಲ್ಡ್ ಒಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲೂ ಫ್ರೆಡ್‌ಹಾಯಲ್ ಮತ್ತೊಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲೂ ಪ್ರಕಟಿಸಿದರು. ಬಾಂದಿ ಹಾಗೂ ಗೊಲ್ಡರ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ PCP ಯನ್ನು ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಆದರೆ ವಿಶ್ವವು ವಿಸ್ತಾರವಾದಂತೆ ವಸ್ತುರಾಶಿಯ ಸಾಂದ್ರತೆ ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ ವಿಶ್ವವು ಒಂದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಗೋಚರಿಸಬೇಕಾದಲ್ಲಿ ಹೊಸ ವಸ್ತುರಾಶಿಯು ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತಿರ ಬೇಕು. ಬಾಂದಿ ಹಾಗೂ ಗೊಲ್ಡರ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಇದಕ್ಕೆ ಅವಕಾಶವೇ ಇಲ್ಲವಾಗಿದೆ. ಹಾಯಲ್‌ರವರು ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ತಮ್ಮ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಹೊಸ ವಸ್ತುರಾಶಿಯ ಸೃಷ್ಟಿಗೆ ಮೂಲವಾಗಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿದರು (extended). ಇದರ ಪ್ರಕಾರ ಹಾಯಲ್‌ರವರು ತಮ್ಮ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಸೃಷ್ಟಿಕ್ಷೇತ್ರವೆಂಬ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು (concept) ಆಳವಡಿಸಿಕೊಂಡರು. ಸೃಷ್ಟಿಕ್ಷೇತ್ರವೂ ಒಂದು ಕಣದ ಹುಟ್ಟು ಹಾಗೂ ಸಾವಿನಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಗೋಚರಿಸುತ್ತದೆ. ಕ್ಷೇತ್ರಸಿದ್ಧಾಂತದ (field theory)ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಇದು ಸ್ಕೇಲಾರ್ ಕ್ಷೇತ್ರ. ಇದಕ್ಕೆ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ (mass), ವಿದ್ಯುದಂಶ (charge) ಅಥವಾ ಭ್ರಮರ (spin) ವಾಗಲಿ ಇಲ್ಲ. ಬೇರೆ ರೀತಿಯ ಕ್ಷೇತ್ರ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದಂತಲ್ಲದೆ, ಸೃಷ್ಟಿಕ್ಷೇತ್ರವು ಋಣಊರ್ಜ್ವ (negative energy) ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ ಹೊಸ ವಸ್ತುರಾಶಿಯ ಸೃಷ್ಟಿಯಾದಂತೆಲ್ಲಾ ಇದರ ಮೌಲ್ಯ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಹೊಸ ವಸ್ತುರಾಶಿಯ ಸೃಷ್ಟಿಯು ವಿಶ್ವದ ವಿಸ್ತಾರಕ್ಕೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಮಹಾಸ್ಫೋಟದ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ವ್ಯತಿರಿಕ್ತವಾಗಿ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ವಿಶ್ವಕ್ಕೆ ಆದಿಯಾಗಲಿ ಅಂತ್ಯವಾಗಲಿ ಇಲ್ಲ. ಹಾಗೆಯೇ ಅಸಾಧಾರಣತೆಯ (Singularity) ಉಪದ್ರವವೂ ಇಲ್ಲ. ಮಹಾಸ್ಫೋಟ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ವಸ್ತುರಾಶಿಯ ಸೃಷ್ಟಿಯ ಬಗ್ಗೆ ಏಳುವ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಯಾವ ರೀತಿಯ ಉತ್ತರವೂ ಇಲ್ಲ. ಹಾಯಲ್‌ರವರ ಸ್ಥಾಯಿಸ್ಥಿತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ವಸ್ತುಸೃಷ್ಟಿಯನ್ನು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಒರೆಹಚ್ಚಲು ಸಾಧ್ಯ.

ಈಗ ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನದ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಒದಗಿರುವ ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಅವಲೋಕಿಸೋಣ. ಮೊದಲನೆಯ ಮಾಹಿತಿ 1929ರಲ್ಲಿ ಎಡ್ವಿನ್ ಹಬಲ್‌ರವರಿಂದ ಒದಗಿತು. ಹಬಲ್‌ರವರು ದೂರದರ್ಶಕದ ಸಹಾಯದಿಂದ ದೂರ ದೂರದ ಗ್ಯಾಲಕ್ಸಿಗಳ ವರ್ಣಪಟಲ (spectrum) ಕೆಂಪುತುದಿಗೆ (red end) ಸರಿಸುತ್ತ (shift) ವೆಂದೂ ಹಾಗೂ ಗ್ಯಾಲಾಕ್ಸಿಗಳು ದೂರವಾದಂತೆ ಕೆಂಪುಸರಿತ (red shift) ಹೆಚ್ಚುತ್ತಲಿದೆಯೆಂದೂ ಅವರು ಗಮನಿಸಿದರು. ಡಾಪ್ಲರ್ ಪರಿಣಾಮ (Doppler effect) ಎಂಬ ತತ್ವಕ್ಕೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳ ಅಂತರ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ಒಂದರಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ವಿಕಿರಣ ಇನ್ನೊಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ಸೇರಿದಾಗ

ಅವರ ತರಂಗಾಂತರ ಹೆಚ್ಚಿ ಕೆಂಪುತುದಿಗೆ ಸರಿಯುತ್ತದೆ. ಇದರ ಅರಿವಿನಿಂದ ಹಬಲ್ ರವರು ಗ್ಯಾಲಾಕ್ಸಿಗಳು ಒಂದರಿಂದ ಒಂದು ದೂರ ದೂರ ಸರಿಯುತ್ತಿವೆ ಅಥವಾ ವಿಶ್ವವು ವಿಸ್ತಾರವಾಗುತ್ತಿದೆಯೆಂದು ದೃಢಪಡಿಸಿದರು. ತಮ್ಮ ಅವಲೋಕನದ ಮೇಲೆ ಬಿಂಬಿತವಾಗಿ ಹಬಲ್‌ರವರು ಗ್ಯಾಲಾಕ್ಸಿಗಳ ದೂರ ಹಾಗೂ ವೇಗವನ್ನು ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ನಿಯಮವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಿದರು, ಈ ನಿಯಮವು ವಿವಿಧ ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನದ ಮಾಡೆಲ್ ಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾಯಿತು. ದೂರದರ್ಶಕದ ತಾಂತ್ರಿಕತೆ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲಾ ದೂರದೂರದ ಗ್ಯಾಲಾಕ್ಸಿಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ವಿಶ್ವದ ಅಂಗಳದಲ್ಲಿ, ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ದೂರ ಎಂದರೆ ಕಾಲದಲ್ಲಿಯೂ ದೂರವೆಂದುದು ತಿಳಿದ ವಿಷಯ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ಬೆಳಕು ಒಂದು ನಿಯಮಿತ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವುದರಿಂದ ದೂರದಿಂದ ಬರುವ ಬೆಳಕು ಬಹಳ ಹಿಂದೆ ಹೊರಟಿದ್ದಿರಬೇಕು. (ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ದೂರಗಳನ್ನು ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಅಳೆಯುವುದು ವಾಡಿಕೆ. ಒಂದು ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಷ ವೆಂದರೆ, ಬೆಳಕು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 186,000 ಮೈಲಿಗಳ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವರ್ಷದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ದೂರ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ನಮಗೆ ಸೂರ್ಯನ ನಂತರ ಬಹಳ ಹತ್ತಿರದ ನಕ್ಷತ್ರ 4·2 ಬೆಳಕು ವರ್ಷಗಳ ದೂರದಲ್ಲಿದೆ) ಹಬಲ್‌ರವರ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ ಅದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಂಪುಸರಿತ ಪರಿಮಾಣ (red shift magnitude) ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬಹುದು. ಈ ಸಂಬಂಧವು ವಿವಿಧ ಮಾಡೆಲ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ಹೊಂಪಾಣಿಕೆ ತೋರುವುದರಿಂದ ಅವಲೋಕನದ ಹೊಂದಾಣಿಕೆಗೆ ಹೋಲಿಸಿ ಸರಿಯಾದ ಮಾಡೆಲ್ ——> ಯಾವುದೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. 1960ರ ವರೆಗೂ ಎಲ್ಲಾ ರೀತಿಯ ಪರೀಕ್ಷೆಗಳೂ ಕೇವಲ ಒಂದೆರಡಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ನಿಯಮಿತವಾಗಿದ್ದ ಕಾರಣ ಯಾವುದೇ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಸ್ಥಾಪಿಸುವಂತಿರಲಿಲ್ಲ. 1961ರ ಹೊತ್ತಿಗೆ ರೇಡಿಯೋ ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರ ಬಹಳ ಮುನ್ನಡೆದು ಹೊಸ ರೀತಿಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಲು ಶಕ್ಯವಾಯಿತು. ಇದರಲ್ಲಿ ಬಹು ಮುಖ್ಯವಾದುದು ಕೆಂಬ್ರಿಡ್ಜಿನ ಸರ್ ಮಾರ್ಟಿನ್ ರೈಲ್‌ರವರು ಮಾಡಿದ ಅವಲೋಕನೆ. ರೇಡಿಯೋ ದೂರದರ್ಶಕದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಇವರು ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿರುವ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗ ಸಂಯೋಜನಾ ಕೇಂದ್ರಗಳನ್ನು ಎಣಿಕೆ ಮಾಡಿದರು. ಇವರ ಎಣಿಕೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಬಹಳ ದೂರದಲ್ಲಿ, ಅಂದರೆ ಬಹಳ ಹಿಂದೆ, ಹೆಚ್ಚು ಕೇಂದ್ರಗಳು ಗೋಚರವಾದುವು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಅವರು ವಿಶ್ವವು ಹಿಂದೆ ಹೆಚ್ಚು ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಂದ್ರತೆ ಹೊಂದಿದ್ದುದಾಗಿ ಪ್ರಸ್ಥಾಪಿಸಿದರು. ಆದರೆ ಇದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ವಿಶ್ವದ ಅತಿ ವಿಚಿತ್ರ ವಸ್ತುಗಳಾದ 'ಕ್ವಾಸರುಗಳು' (quasars) ಕಂಡುಬಂದವು. ಅಲ್ಲಿಯತನಕ ಯಾರೂ ಯೋಚಿಸದಿದ್ದಂತಹ ಕೆಂಪುಸರಿತ (red shift) ಕ್ವಸಾರುಗಳು ಹೊಂದಿರುವುದಾಗಿ ಕಂಡುಬಂತು. ನವೀನ ಅವಲೋಕನದ ಪ್ರಕಾರ ಕೆಂಪುಸರಿತ 3·5 ರ ವರೆವಿಗೂ ಇರುವ ಕ್ವಾಸಾರುಗಳು ತೋರಿಬಂದಿವೆ. ಈ ರೀತಿಯ ಕೆಂಪುಸರಿತ ಅವುಗಳ ಅಸಂಖ್ಯಾತ ದೂರವನ್ನು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಿದರೆ ಅವುಗಳ

ಶಕ್ತಿಕೇಂದ್ರ ಬಹಳ ಅಗಾಧವಾಗಿರಬೇಕು. ಕ್ವಾಸಾರುಗಳನ್ನು ಹಬಲ್‌ರವರ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಚಿತ್ರಿಸಿದರೆ ಅವು ಯಾವುದೇ ಮಾಡೆಲ್‌ಗೂ ಸರಿ ಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲ.

ಮೂರನೆಯ ಪರಿಕ್ಷಾವಲೋಕನ 1965ರಲ್ಲಿ ಆಕಸ್ಮಿಕವಾಗಿ ಗೋಚರವಾಯಿತು. ಇದು ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲೆಡೆಯೂ ಕಂಡುಬರುವ ಹಿನ್ನೆಲೆ ವಿಕಿರಣ. 1965ರಲ್ಲಿ ಬೆಲ್ ಟೆಲಿಫೋನ್ ಲ್ಯಾಬೊರೇಟರಿಯ, ಆರ್ನೊ ಪೆನ್ಸಿಯಾಸ್ ಹಾಗೂ ರಾಬರ್ಟ್ ವಿಲ್ಸನ್ ರವರು ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಪ್ರತಿಧ್ವನಿಯನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಸೆಂ.ಮೀ. ತರಂಗಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದಾದ ಆಂಟೆನವನ್ನು (Antenna) ಮಾಡಿ ವಿವಿಧ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಆಗ ಅಕಸ್ಮಾತ್ತಾಗಿ ಬೇಕಾಗಿದ್ದ ತರಂಗಗಳಿಗಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಮೈಕ್ರೊವೇವ್ ಬದಿಯಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣ ಕಂಡುಬಂತು. ಬಹಳ ಮುಖ್ಯ ವಾಗಿ ಈ ಹೆಚ್ಚು ವಿಕಿರಣ ವಿಶ್ವದ ಎಲ್ಲಾ ದಿಕ್ಕುಗಳಿಂದಲೂ ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿ ಕಂಡು ಬಂದಿತು. ಅದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ರಾಬರ್ಟ್ ಡಿಕ್ಕಿ ಅವರೂ ನಡೆಸುತ್ತಿದ್ದ ಸಂಶೋಧನೆಯಲ್ಲಿ ಅವರಿಗೂ ಈ ಬಗೆಯ ವಿಕಿರಣದ ಅರಿವುಂಟಾಗಿ ಹಿನ್ನೆಲೆ ವಿಕಿರಣದ ಬಗ್ಗೆ ಸಂಶೋಧನೆ ಇಮ್ಮಡಿಯಾಯಿತು.

1148ರಲ್ಲಿ ಜಾರ್ಜ ಗೆಮೋರವರು ವಿಶ್ವವು ಮಹಾಸ್ಫೋಟದಿಂದ ಸೃಷ್ಟಿ ಯಾಗಿದ್ದಲ್ಲಿ, ಸೃಷ್ಟಿಯ ಮೊದಲನೆಯ ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಧಿಕ ಶಾಖವಾದ ವಿಕಿರಣ ಇದ್ದಿರಬೇಕೆಂದೂ ಮತ್ತೆ ವಿಶ್ವವು ವಿಸ್ತಾರವಾದಂತೆ ಈ ಶಾಖವು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿ ಸ್ಫೋಟದ 10^{10} ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಅಂದರೆ ಈಗ ಇಡೀ ವಿಶ್ವವು $3°K$ನಲ್ಲಿ ಇರಬೇಕೆಂದೂ ಗಣಿಕೆ ಮಾಡಿದರು. ಸೃಷ್ಟಿಯ ಮೊದಲನೆಯ ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗಿದ್ದ ವಿಕಿರಣವು ಕಪ್ಪುಕಾಯ ವಿಕಿರಣ (Black body radiation) ವಾಗಿದ್ದಲ್ಲಿ, ಶಾಖವು ಕಡಿಮೆಯಾದಂತೆ ಈ ವಿಕಿರಣವು ಮೈಕ್ರೊವೇವ್ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕೆ ವರ್ಗಾಯಿಸಿರ ಬೇಕೆಂದೂ ಗೆಮೊರವರು ವಾದಿಸಿದ್ದರು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಪೆನ್ಸಿಯಾಸ್ ಮತ್ತು ವಿಲ್ಸನ್ ರವರು ಮೈಕ್ರೊವೇವ್ ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಾಗ ವಿಶ್ವ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಗಮನ ಈ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಸೆಳೆಯಿತು. ಬಹಳ ಖಗೋಳ ವೀಕ್ಷಣಾಲಯಗಳು ಈ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ವಿವಿಧ ತರಂಗಗಳಲ್ಲಿ ಹುಡುಕಲು ತೊಡಗಿದರು. ಇದರಿಂದಾಗಿ 1976ರ ಹೊತ್ತಿಗೆ ಕಪ್ಪುಕಾಯ ವರ್ಣಪಟಲದ ಹೆಚ್ಚು ತರಂಗಾಂತರದ ಸನಿಹದಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣದ ಇರುವು ಕಂಡುಬಂತು. ಹಾಗೂ ಕಂಡುಬಂದ ಅವಲೋಕನ ಚಿಹ್ನೆಗಳು (observed points) $2{\cdot}7°K$ ಕಪ್ಪುಕಾಯ ವರ್ಣಪಟಲಕ್ಕೆ ಬಹಳ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಹೊಂದಾಣಿಕೆಯಾದುವು. ಇಷ್ಟೆಲ್ಲಾ ಆದರೂ ಒಂದು ಲೋಪವಿದ್ದಿತು. ಅದೇನೆಂದರೆ ಮುಂಚಿನ ಅವಲೋಕನದ ಪ್ರಕಾರ ಈ ವಿಕಿರಣವು ಯಾವ ದಿಶೆಯಲ್ಲೂ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಕಂಡುಬಂದಿರಲಿಲ್ಲ. ಈ ವಿಕಿರಣವು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಮಹಾಸ್ಫೋಟದ ಫಲಿತಾಂಶವಾಗಿದ್ದಿರಬೇಕಾದಲ್ಲಿ, ಇದು ಸೂರ್ಯಮಂಡಲ ಹಾಗೂ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದ

ಆಚೆಯಿಂದ ಬರಬೇಕು. ನಮ್ಮ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡ, ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡಗಳ ಸಮೂಹಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಚಲನೆ ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ಮತ್ತು ಅದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸೂರ್ಯಮಂಡಲ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದ ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಚಲನೆ ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ಈ ವಿಕಿರಣದ ಅವಲೋಕನದಲ್ಲಿ ಕೊಂಚವಮಟ್ಟಿಗಾದರೂ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಕಂಡುಬರಬೇಕು. 1977 ರಲ್ಲಿ ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಾ ಇನ್ಸ್ಟಿಟ್ಯೂಟ್ ಆಫ್ ಟೆಕ್ನಾಲಜಿಯ ಹಲವು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಈ ವಿಕಿರಣದಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಿಧದ ದೆಶೆಯಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು. ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಚಲನೆಗಳಿಗೆ ಸುಮಾರಾಗಿ ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ತೋರಿತು. ಈ ಎಲ್ಲಾ ಅವಲೋಕನಗಳ ಫಲಿತಾಂಶವಾಗಿ ಬಹಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮಹಾಸ್ಫೋಟ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಸಮರ್ಪಕವಾಯಿತೆಂದು ವಾದಿಸುತ್ತಾರೆ. ಇದರ ಅನುಮೋದವೇ ಕಳೆದ ವರ್ಷ ಪೆನ್ಸಿಯಾಸ್ ಹಾಗೂ ವಿಲ್ಸನ್‌ರವರಿಗೆ ದೊರೆತ ನೊಬೆಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕ.

ಈ ಅವಲೋಕನದ ಬಗ್ಗೆ ಸ್ಥಾಯಿಸ್ಥಿತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಏನು ಹೇಳುತ್ತದೆ ನೋಡೋಣ. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ವಿಶ್ವವು ಎಲ್ಲಾ ಕಾಲದಲ್ಲಿಯೂ ಎಲ್ಲಾ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕಾಣಬೇಕಾದುದರಿಂದ, ಯಾವ ಸ್ಥಳ ಕಾಲದಲ್ಲಿಯೂ ಹೆಚ್ಚು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಕಂಡುಬರಬಾರದು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದ ಮೈಕ್ರೋವೇವ್ ವಿಕಿರಣ ಬಹಳ ಹಿಂದಿನದಾಗಿರದೆ ಇಂದಿಗೂ ಆಗುತ್ತಿರುವ ಖಭೌತ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಇದನ್ನು ಹೊಂದಿಸುತ್ತಿರಬೇಕು. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅವಧೂತರವಾದ ಈ ರೀತಿ : ಊರ್ಜ್ವಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ನೋಡಿದಲ್ಲಿ ಮೈಕ್ರೋವೇವ್ ವಿಕಿರಣದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದಂತೆಯೇ ಇತರ ವಿವಿಧ ವಿಕಿರಣಗಳಲ್ಲಿ ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಬ್ರಹ್ಮಾಂಡದ ನಕ್ಷತ್ರಜ್ಯೋತಿಯಲ್ಲಿ ಅಥವಾ ಗ್ಯಾಲಕ್ಸಿಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಹಿನ್ನೆಲೆ ವಿಕಿರಣವು ಇಡೀ ವಿಶ್ವಕ್ಕೆ ಸೇರಿದುದಲ್ಲದೇ ಕೇವಲ ಈ ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲಿನ ಗ್ಯಾಲಕ್ಸಿಗಳಿಂದಿರಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಈಗಾಗಲೆ ಗ್ಯಾಲಕ್ಸಿಗಳಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಕೆಂಪು (Intra red) ಕೇಂದ್ರಗಳು ಗೋಚರವಾಗಿವೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಇನ್‌ಫ್ರಾರೆಡ್ ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರವೇ ಜನನವಾಗಿದೆ. ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಜನನವನ್ನು ಗಮನಿಸಿದಲ್ಲಿ, ಮೊದಲಿಗೆ ಒಂದು ಅನಿಲದ ಮುದ್ದೆ ತನ್ನ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಕುಗ್ಗುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆ ಕುಗ್ಗದಂತೆ ಇದರಲ್ಲಿ ಶಾಖೋತ್ಪತ್ತಿಯಾಗಿ ವಿಕಿರಣಗಳು ಹೊರಡುತ್ತವೆ. ಶುರುವಿನಲ್ಲಿ ಈ ಶಾಖವು ಹೆಚ್ಚಿಲ್ಲದ ಕಾರಣ ವಿಕಿರಣವು ತೀವ್ರಕೆಂಪು (Infrared) ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯ ಕೇಂದ್ರಗಳಿಂದ ವಿಕಿರಣವು ಬರುತ್ತಿದ್ದಲ್ಲಿ ದೂರವು ಹೆಚ್ಚಾದಂತೆ ವಿಕಿರಣದ ತರಂಗಾಂತರವು ಹೆಚ್ಚಿ ಮೈಕ್ರೋವೇವ್ ಬದಿಗೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಅದರಿಂದ ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲೂ ಬಹಳವಾಗಿ ಈ ರೀತಿಯ ಕೇಂದ್ರಗಳು ಇದ್ದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಹಿನ್ನೆಲೆ ಮೈಕ್ರೋವೇವ್ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಬಹುಶಃ ಸ್ಥಾಯಿಸ್ಥಿತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಬಹುದು.

ಹಾಯಲ್, ವಿಕ್ರಮಸಿಂಘೆ ಹಾಗೂ ನಾರ್ಳಿಕರ್‌ರವರು 1978ರಲ್ಲಿ ಒಂದು

ನೂತನ ಮಾಡೆಲ್‌ನ್ನು ಸಂಯೋಜಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ ಬಹುಷಃ ಈ ಹಿನ್ನೆಲೆ ವಿಕಿರಣ ಕೇವಲ ನಮ್ಮ ಸೂರ್ಯಮಂಡಲಕ್ಕೇ ಸೇರಿರಬಹುದು. ಹಾಲೆಂಡ್‌ನ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞ ಊರ್ಟ್‌ರವರು ಧೂಮಕೇತುಗಳು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಕಣಗಳು ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಸುಮಾರು ಒಂದು ಬೆಳಕಿನ ವರುಷದ ದೂರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗುಂಡನೆಯ ಕವಚವನ್ನು ಮಾಡಿವೆಯೆಂದು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ್ದರು. ಇದಕ್ಕೆ ಊರ್ಟಮೇಘವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಹಾಯಲ್ ಮತ್ತು ಸಂಗಡಿಗರ ಪ್ರಕಾರ ಈ ಮೇಘವು ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಬಂದ ವಿಕಿರಣಗಳನ್ನು ಹೀರಿ ಮತ್ತೆ ಹಿಂದಕ್ಕೆ ವಿಕಿರಣಗಳನ್ನು ಚೆಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿ ಚೆಲ್ಲಿದ ವಿಕಿರಣ ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯುತವಾಗಿದ್ದು ಮೈಕ್ರೋವೇವ್ ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿ ಸೂರ್ಯಮಂಡಲದಲ್ಲೆ ಕಂಡುಬರಬಹುದು. ಈ ಮೇಘವು ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲೂ ಇರಬಹುದಾದ್ದರಿಂದ ವಿಕಿರಣವು ಹಿನ್ನೆಲೆ ವಿಕಿರಣವಾಗಿ ಕಾಣಬಹುದು. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಲು ಇನ್ನೂ ಯಾವ ಆಧಾರವೂ ದೊರೆತಿಲ್ಲ. ಏನೇ ಆದರೂ ಸ್ಥಾಯಿಸ್ಥಿತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಹಿನ್ನೆಲೆ ವಿಕಿರಣದ ಅವಲೋಕನವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಲು ಇನ್ನೂ ಸೂಕ್ತವಾಗಿಲ್ಲ.

ಮಾನವನ ತಾಂತ್ರಿಕತೆ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ನವ ನವ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದು ಅವುಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ವಿಶ್ವದ ಬಗ್ಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಹೊಂದಲು ಸಾಧ್ಯ. ಬಹುಷಃ ಇನ್ನು ಕೆಲವೇ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಯಿಸ್ಥಿತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರೋತ್ಸಾಹಮಯವಾದ ಮಾಹಿತಿ ದೊರಕಬಹುದು. ಏನೇ ಆದರೂ ವಿಶ್ವವು ಒಂದು ಅಗಾಧ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳ ಸಮೂಹ. ಹೊಸ ಹೊಸ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳು ಹುಟ್ಟಿ, ಈಗಿರುವ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಸಡಿಲಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಇದುವರೆವಿಗಿನಂತೆ ವಿಜ್ಞಾನ ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಮುನ್ನಡೆಗೆ ಪೂರ್ಣ ಅಡಚಣೆ ಬಂದೊಡನೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರಂಥಾ ಮೇಧಾವಿ ಜನನ ಹೊಂದಿ ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಮುನ್ನಡೆಸುವ ಸಾಧ್ಯ ಇದೆ. ವಿಶ್ವಸೃಷ್ಟಿಯನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವ ಸಾಹಸ ಸೃಷ್ಟಿಕರ್ತನನ್ನೇ ಅರಿಯುವ ಸಾಧನ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರೇ ಹೇಳಿದಂತೆ "ಗಾಡ್ ಈಸ್ ಸಟಲ್ ಬಟ್ ನಾಟ್ ಮಲೊಷಿಯೆಸ್ (God is subtle but not malicious). ಇಂಥಾ ಸೃಷ್ಟಿಯನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನ ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಪ್ರಶ್ನೆ ನಮ್ಮ ನಾಡಿನಲ್ಲಿ ಹಿಂದೆ ಋಷಿವರ್ಯರಿಗೆ ಕೌತುಕ ಉಂಟುಮಾಡಿ ಅವರ ಗಮನ ಸೆಳೆದಿದ್ದಿತು. ಸ್ಥಳ ಎಂದರೇನು? ಕಾಲ ಎಂದರೇನು? ಇವೆರಡರ ನಿಕಟಸಂಬಂಧಿಯಾದ ವಸ್ತುರಾಶಿ ಹೇಗೆ ಉದ್ಭವಿಸಿತು? ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ತೋರಿಸಿದಂತೆ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಊರ್ಜ್ವಸಮಾನವಾದುದು. ಇಡೀ ವಿಶ್ವದ ವಸ್ತುರಾಶಿಯು ಆದಿಶಕ್ತಿಯಾದುದು? ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಉತ್ತರಿಸಲು ಇಂದಿನ ವಿಶ್ವವಿಜ್ಞಾನದ ವಿವಿಧ ರೂಪಗಳು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತಿವೆ.

ಎಚ್. ವಿ. ಶ್ರೀರಂಗರಾಜು

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಶೈಕ್ಷಣಿಕ ವಿಚಾರಗಳು

ಮಾನವನ ಇತಿಹಾಸವು ಹರಿಯುತ್ತಿದ್ದ ದಿಕ್ಕನ್ನೇ ಬದಲಾಯಿಸಿದ ನಾಲ್ಕಾರು ಮಹಾಪುರುಷರು ಹತ್ತೊಂಬತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಕೊನೆಯ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಉದಿಸಿದರು. ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಅತಿ ಮಹತ್ತನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಇಂಥ ಯುಗಪುರುಷರಲ್ಲಿ ಒಬ್ಬರು. ಅವರು ತಮ್ಮ ಬಹು ಹೆಚ್ಚಿನ ಕಾಲವನ್ನು ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೇ ಅರ್ಪಿಸಿದರು. ಉಳಿದ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಮಾನವನ ಭವಿಷ್ಯವನ್ನೂ, ಅವನ ಕಲ್ಯಾಣ ಮಾರ್ಗವನ್ನೂ ಕುರಿತು ಚಿಂತಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಅವಕಾಶ ಒದಗಿದಾಗ ಅವರ ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳನ್ನೂ, ಭಾವನೆಗಳನ್ನೂ ಭಾಷಣ ಮತ್ತು ಲೇಖನಗಳ ಮೂಲಕ ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. ವ್ಯಕ್ತಿಯ ವಿಕಾಸಕ್ಕೆ ಸಾಧನವಾದ ಶಿಕ್ಷಣದ ಬಗೆಗೆ ಅವರು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಿದ ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳನ್ನು ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಅವರ ಮಾತುಗಳಲ್ಲಿಯೇ* ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ಆರ್ಥಿಕ, ಸಾಮಾಜಿಕ, ರಾಜಕೀಯ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಕುರಿತ ಅವರ ಲೇಖನ ಮತ್ತು ಭಾಷಣಗಳು ಅವರ ಶಿಕ್ಷಣದ ವಿಚಾರಗಳು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿಲ್ಲದಿದ್ದರೂ ಉತ್ಕೃಷ್ಟತೆಯಲ್ಲಿ ಏನೇನೂ ಕಡಿಮೆಯಿಲ್ಲ.

* * * *

ಪ್ರಪಂಚದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಜನಾಂಗದ ಅಪರಿಮಿತ ಶ್ರಮದಿಂದ ಮಾನವನ ಜ್ಞಾನ ಬೆಳೆದಿದೆ. ಆದುದರಿಂದ ಶಾಲಾ ಮಕ್ಕಳು ತಾವು ಯಾವ ಅದ್ಭುತ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಕಲಿಯುತ್ತಿವೆಯೋ ಅವೆಲ್ಲ ಅನೇಕ ಜನಾಂಗಗಳ ಪರಿಶ್ರಮದ ಫಲ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ನೆನಪಿನಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳುವಂತಾಗಬೇಕು. ಮಕ್ಕಳು ಅವುಗಳನ್ನು ಕಲಿತು, ಅವುಗಳನ್ನು ಬೆಳಸಿ, ಮುಂದಿನ ಪೀಳಿಗೆಗೆ ದತ್ತಿಯಾಗಿ ಕೊಡಬೇಕೆಂಬುದೇ ಶಿಕ್ಷಣದ ಉದ್ದೇಶ. ಮರ್ತ್ಯರಾದ ನಾವು ಶಾಶ್ವತವಾಗಿ ಉಳಿಯುವ ಇಂಥ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಬೆಳೆಸುವುದರಿಂದ ಮಾತ್ರ ಅಮರರಾಗಬಲ್ಲೆವು.

---

* ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಮೂಲ ಲೇಖನಗಳೆಲ್ಲವೆ ಜರ್ಮನ್ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿವೆ. ಇಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಕನ್ನಡ ಅನುವಾದವು ಜರ್ಮನ್ ಭಾಷೆಯ ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ಅವತರಣಿಕೆಯಿಂದ ಆಗಿದೆ.

ಮಕ್ಕಳು ಇದನ್ನು ನೆನಪಿನಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ ಅವರು ಕಲಿಯುವ ವಿದ್ಯೆ ಅರ್ಥಪೂರ್ಣವಾಗುತ್ತವೆ. ಬೇರೆ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳ ಬಗೆಗೆ ಗೌರವ ಬೆಳೆಯುತ್ತದೆ. ಹಿಂದಿನ ಕಾಲದ ಬಗೆಗೆ ಸದ್ಭಾವನೆ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ.

* * * *

ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಬಹಳಷ್ಟು ಆಚಾರ್ಯ ಪೀಠಗಳಿವೆ. ಆದರೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವ ಶ್ರೇಷ್ಠ ಆಚಾರ್ಯರ ಸಂಖ್ಯೆ ಬಹು ಕಡಿಮೆ. ವಿಸ್ತಾರವಾದ ಉಪನ್ಯಾಸ ಮಂದಿರಗಳು ಬಹಳಷ್ಟಿವೆ. ಆದರೆ ಜ್ಞಾನತೃಷೆಯನ್ನು ಹಿಂಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸುವ ಸತ್ಯನಿಷ್ಠರೂ, ನ್ಯಾಯನಿಷ್ಠರೂ ಆದ ತರುಣ ತರುಣಿಯರ ಸಂಖ್ಯೆ ಹೆಚ್ಚಾಗಿಲ್ಲ. ನಿಸರ್ಗವು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ವಿವಿಧ ವಸ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಅಪಾರವಾಗಿವೆ. ಆದರೆ ಉತ್ಕೃಷ್ಟವಾದ ವಸ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಬಹು ಕಡಿಮೆ.

ನಮಗೆ ಇವೆಲ್ಲವೂ ಗೊತ್ತು ; ಇದು ಪ್ರಕೃತಿಯ ನಿಯಮ ; ಈ ನಿಯಮ ಹಿಂದೆಯೂ ಇತ್ತು, ಮುಂದೆಯೂ ಇರುತ್ತದೆ ; ಆದುದರಿಂದ ಏತಕ್ಕೆ ಗೋಣಗಾಡಬೇಕು, ನಿಸರ್ಗದಿಂದ ನಮಗೆ ಏನು ದೊರೆಯುತ್ತದೋ ಅದನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸೋಣ ಎಂದು ಅನೇಕ ಸಲ ನಾವು ಭಾವಿಸಿ ಸುಮ್ಮನಿದ್ದುಬಿಡುತ್ತೇವೆ. ಆದರೆ ಬೇರೊಂದು ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಪ್ರಯತ್ನ ಆವಶ್ಯಕ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ತಲೆಮಾರಿಗೂ ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಒಂದು ಮನೋಧರ್ಮವಿರುತ್ತದೆ. ಇದು ವ್ಯಕ್ತಿಯಿಂದ ವ್ಯಕ್ತಿಗೆ ಹರಡುತ್ತಾದರೂ ಅಂದಿನ ಸಮಾಜದ ಅಂತಃಸತ್ವವಾಗಿದ್ದು ಅದರ ಮೇಲೆ ತನ್ನ ಮುದ್ರೆಯನ್ನೊತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಮನೋಧರ್ಮವನ್ನು ಉತ್ತಮಪಡಿಸಲು ತನ್ನಿಂದಾಗುವಷ್ಟನ್ನು ಮಾಡುವುದು ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬನ ಕರ್ತವ್ಯ.

ಯೂರೋಪಿನ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಹತ್ತೊಂಬತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ವ್ಯಾಸಂಗನಿರತರಾಗಿದ್ದ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಆದರ್ಶ ಇಂದಿನ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಇಲ್ಲವಾಗಿದೆ. ಅಂದಿನ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಮಾನವನನ್ನು ಉತ್ತಮಗೊಳಿಸುವ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಶ್ರದ್ಧೆ ಇತ್ತು. ವಿವಿಧ ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಂಡು ಅವುಗಳಿಗೆ ಮನ್ನಣೆ ಕೊಡುವ ಹೃದಯ ವೈಶಾಲ್ಯತೆ ಇತ್ತು. ಮಾನವ ಕುಲವೆಲ್ಲ ಒಂದೇ ಎಂಬ ನಂಬುಗೆ ಇತ್ತು. ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಲ್ಲಿದ್ದಂತೆ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಆ ಕಾಲದಲ್ಲಿದ್ದ ಆಚಾರ್ಯರಲ್ಲಿಯೂ ಈ ಭಾವನೆ ಜೀವಂತವಾಗಿತ್ತು.

ಸಮಾಜದ ಪ್ರಗತಿಯನ್ನು ಸಾಧಿಸಬೇಕೆಂಬ ಆದರ್ಶ ಇಂದೂ ಇದೆ. ಈಗಲೂ ಸಹನೆ, ವಿಚಾರಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯ ಮತ್ತು ಮಾನವನ ಒಗ್ಗಟ್ಟಿನ ಆವಶ್ಯಕತೆಗಳಲ್ಲಿ ವಿಶ್ವಾಸವಿದೆ. ಆದರೆ ಇಂದು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯಗಳಲ್ಲಿರುವ ಆಚಾರ್ಯರು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಆದರ್ಶಗಳು ವ್ಯೈವೆತ್ತಿಲ್ಲ. ಇಂದಿನ ಸನ್ನಿವೇಶವನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಲ್ಲ ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬ ವಿವೇಕಿಯೂ ಇದನ್ನು ಒಪ್ಪಲೇಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಬೇರೆಯವರು ಹೇಳುವುದನ್ನೆಲ್ಲಾ ನಂಬದೆ ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯೂ

ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರೂ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ವಿಚಾರಮಾಡಿ ಸಮಾಜಕ್ಕೆ ಒಳ್ಳೆಯ ದನ್ನು ಮಾಡುವಂತಾಗಲಿ.*

ಶಿಕ್ಷಕರ ಸಂಬಳದ ವಿಷಯವಾಗಿ ಒಂದು ಮಾತು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸಮಾಜವೂ ಅದರ ಯೋಗಕ್ಷೇಮದಲ್ಲಿ ನಿರತನಾದ ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬನಿಗೂ ಅವನು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಜೀವಿಸಲು ಅಗತ್ಯವಾದಷ್ಟು ಪ್ರತಿಫಲವನ್ನು ಕೊಡಲೇಬೇಕು. ಸಮಾಜಕ್ಕೆ ಸಲ್ಲಿಸುವ ಸತ್ಸೇವೆ ಯಿಂದ ಅಂಥ ಸೇವೆಯನ್ನು ಮಾಡುವವರಿಗೆ ಆತ್ಮತೃಪ್ತಿ ದೊರಕುತ್ತದೆ ಆದರೆ ಈ ಆತ್ಮತೃಪ್ತಿಯಷ್ಟೇ ಪ್ರತಿಫಲವಾಗಬಾರದು. ಏಕೆಂದರೆ ಶಿಕ್ಷಕನು ಪಡೆಯುವ ಇಂಥ ಆತ್ಮತೃಪ್ತಿಯಿಂದ ಅವನ ಮಕ್ಕಳ ಹೊಟ್ಟೆಯು ತುಂಬುವುದಿಲ್ಲ

ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಲ್ಲದ ದೈಹಿಕ ಶ್ರಮವು ಒಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿಯನ್ನು ಆರೋಗ್ಯವಾಗಿಡುವಂತೆ ಮಿತಿಯಾದ ಮಾನಸಿಕ ವ್ಯಾಯಾಮವು ಮಾನಸಿಕ ಜಾಡ್ಯಗಳು ವಾಸಿಯಾಗಲು ಸಹಾಯಕವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸತ್ಯದ ಅರಿವೇ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯಗಳಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ವಿಷಯಗಳ ಅಧ್ಯಯನಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ. ಆದುದರಿಂದ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯಗಳು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳನ್ನು ವಿವಿಧ ವೃತ್ತಿಗಳಿಗೆ ಸಿದ್ಧಗೊಳಿಸುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಬುದ್ಧಿ ಪ್ರಚೋದನೆ ಯನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು. ಮನಸ್ಸಿಗೆ ಸರಿಯಾದ ತರಬೇತನ್ನು ಕೊಟ್ಟು ಅದನ್ನು ಆರೋಗ್ಯವಾಗಿಡಬೇಕು.

ಒಂದು ಜನಾಂಗದ ಸಂಸ್ಕೃತಿ ಸಂಪತ್ತನ್ನು ತಲೆಮಾರಿನಿಂದ ತಲೆಮಾರಿಗೆ ಕೊಂಡೊಯ್ಯುವ ಸಾಧನವೆಂದರೆ ಶಿಕ್ಷಣ. ಈ ಸಾಧನವು ಬೇರೆಲ್ಲವುಗಳಿಗಿಂತ ಪ್ರಮುಖ ವಾದದ್ದು. ಈ ಮಾತು ಹಿಂದಿನ ಕಾಲಕ್ಕಿಂತ ಇಂದು ಹೆಚ್ಚು ಸಮಂಜಸವಾಗಿದೆ. ಹಿಂದೆ ಕುಟುಂಬವೇ ವಿದ್ಯೆ ಮತ್ತು ಸಂಸ್ಕೃತಿಗಳನ್ನು ಪೀಳಿಗೆಯಿಂದ ಪೀಳಿಗೆಗೆ ದೊರಕಿಸುತ್ತಿತ್ತು. ಆದರೆ ಆಧುನಿಕ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಆಗಿರುವ ಆರ್ಥಿಕಾಭಿವೃದ್ಧಿಯು ಕುಟುಂಬವನ್ನು ದುರ್ಬಲಗೊಳಿಸಿದೆ. ಆದುದರಿಂದ ಮಾನವ ಸಮಾಜದ ಕ್ಷೇಮವೂ ಅದರ ಭವಿಷ್ಯವೂ ಹಿಂದಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಈಗ ಶಾಲೆಯನ್ನೇ ಅವಲಂಬಿಸಿವೆ.

ಬೆಳೆಯುತ್ತಿರುವ ಜನಾಂಗಕ್ಕೆ ಆದಷ್ಟು ವಿಷಯಗಳನ್ನು ತುರಕಲು ಸಹಾಯ ವಾಗಬಲ್ಲ ಒಂದು ಉಪಕರಣವೇ ಶಿಕ್ಷಣ ಎಂದು ಕೆಲವರು ಭಾವಿಸುತ್ತಾರೆ, ಇದು ಸರಿಯಲ್ಲ. ಪತ್ಯವಸ್ತು ನಿರ್ಜೀವವಾದುದು ; ಶಾಲೆಯಾದರೋ ಜೀವಂತ ವ್ಯಕ್ತಿಗಳ ಸೇವೆಗಾಗಿ ಇರುವ ಸಂಸ್ಥೆ. ಎಲ್ಲ ಜನರ ಹಿತವನ್ನು ಕಾಯುವಂಥ ಗುಣಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಗಳನ್ನು ಅದು ಕಿರಿಯರಲ್ಲಿ ಬೆಳಸಬೇಕು. ಹೀಗೆಂದರೆ ಅದು ವ್ಯಕ್ತಿಯಲ್ಲಿರುವ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯತೆಯನ್ನು ನಾಶಮಾಡಬೇಕೆಂದು ಅರ್ಥವಲ್ಲ. ಒಂದು ಜೇನುಹುಳು ಅಥವಾ

---

* ಇದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು 1934ರಲ್ಲಿ ಬರೆದ ಒಂದು ಲೇಖನದ ಭಾಗ. ಅಂದಿನ ಯೂರೋಪಿನ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯಗಳ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಇಂದಿನ ನಮ್ಮ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯಗಳ ಸ್ಥಿತಿ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಭಿನ್ನವಾಗಿಲ್ಲ.

ಇರುವೆಯಂತೆ ವ್ಯಕ್ತಿಯು ಮಾನವ ಸಮಾಜದ ಉಪಕರಣ ಆಗಬಾರದು. ಯಾವ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವೂ ಇಲ್ಲದ ಒಂದೇ ಬಗೆಯ ವ್ಯಕ್ತಿಗಳನ್ನುಳ್ಳ ಸಮಾಜದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯು ನಿಂತುಹೋಗಿ ಅದು ದರಿದ್ರ ಸಮಾಜವಾಗುತ್ತದೆ. ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ವಿಚಾರಮಾಡಬಲ್ಲ ಕ್ರಿಯಾಶೀಲ ವ್ಯಕ್ತಿಗಳನ್ನು ತಯಾರುಮಾಡುವುದೇ ಶಾಲೆಯ ಗುರಿಯಾಗಿರ ಬೇಕು.

ಈ ಆದರ್ಶವನ್ನು ತಲುಪುವುದಾದರೂ ಹೇಗೆ? ನೀತಿಪ್ರಸಾರದಿಂದ ಈ ಗುರಿ ಮುಟ್ಟಲು ಸಾಧ್ಯವೇ? ಇದು ಅಸಾಧ್ಯವಾದುದು. ಸಾಧನೆಯಲ್ಲಿ ನಿರತರಾಗದೆ ಆದರ್ಶದ ಬರಿ ಮಂತ್ರವನ್ನೇ ಜಪಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ ಆಗುವುದು ಅಧಃಪತನವೇ. ಅಂಥ ಮಾತುಗಳು ಬರಿಯ ಸದ್ದು ಮಾತ್ರ, ಬರೀ ಬೋಧನೆಯಿಂದ ಯಾರ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವವೂ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲ. ಅದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದುದು ದುಡಿಮೆ ಮತ್ತು ನಿರಂತರ ಪ್ರಯತ್ನ.

ಬೋಧನಕ್ರಮಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲಾ "ಮಾಡಿ ಕಲಿ" ಕ್ರಮವೇ ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದುದು. ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯು ತಾನು ಕಲಿಯಬೇಕಾದದ್ದೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಈ ಕ್ರಮದಿಂದಲೇ ಕಲಿಯುತ್ತಾನೆ. ಮೊದಲನೆಯ ತರಗತಿಯ ಮಗು ಅಕ್ಷರಾಭ್ಯಾಸ ಮಾಡುವುದು ಈ ಕ್ರಮದಿಂದ. ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯು ತನ್ನ ಮಹಾಪ್ರಬಂಧವನ್ನು ರಚಿಸುವಾಗಲೂ ಇದೇ ಕ್ರಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತಾನೆ. ಪದ್ಯವನ್ನು ಕಂಠಪಾಠ ಮಾಡುವಾಗ, ವಾಕ್ಯರಚನೆಯನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸುವಾಗ, ಒಂದು ಗ್ರಂಥವನ್ನು ಭಾಷಾಂತರಿಸುವಾಗ ಇಲ್ಲವೇ ವಿವರಿಸುವಾಗ, ಗಣಿತದ ಒಂದು ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಬಿಡಿಸುವಾಗ, ವಾಕ್ಯರಚನೆ ಯನ್ನು ಬರೆಯುವಾಗ, ವ್ಯಾಯಾಮ ಅಥವಾ ಕ್ರೀಡೆಯನ್ನು ಅಭ್ಯಾಸಮಾಡುವಾಗ ಅನುಸರಿಸುವ ಕ್ರಮವೂ ಇದೇಯೇ.

ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸಾಧನೆಯ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರೇರಣೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ಪ್ರೇರಣೆಯಿಂದ ಕೆಲಸವನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದಾಗ ಆ ಪ್ರೇರಣೆಗೆ ಮತ್ತಷ್ಟು ಪುಷ್ಟಿ ದೊರೆತು ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯುತವಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾದ ಪ್ರೇರಣೆಗಳು ನಾಲ್ಕಾರು ವಿಧವಾಗಿರಬಹುದು. ಇಂಥ ಪ್ರೇರಣೆಗಳಲ್ಲಿರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಶೈಕ್ಷಣಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಬಹುಮುಖ್ಯವಾದುವು. ಒಂದು ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಬಲಾತ್ಕಾರವೇ ಕಾರಣವಾಗಿರ ಬಹುದು. ಅದೇ ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಕೀರ್ತಿಪ್ರತಿಷ್ಠೆಗಳ ಹಂಬಲವೂ ಪ್ರೇರಣೆಯಾಗಬಹುದು. ಅಥವಾ ಅದನ್ನು ಕಲಿಯಲು ಇರುವ ಆಸಕ್ತಿಯೇ ಅಥವಾ ಸತ್ಯವನ್ನು ಅರಿಯಬೇಕೆಂಬ ಮಹದಾಕಾಂಕ್ಷೆಯೇ ಪ್ರೇರಣೆಯಾಗಬಹುದು. ಸತ್ಯವನ್ನು ಅರಿಯುವ ಕುತೂಹಲ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಮಗುವಿಗೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದೊಂದು ದೈವೀಗುಣ. ಈ ದೈವೀಗುಣವು ಮಗುವು ಇನ್ನೂ ಚಿಕ್ಕದಾಗಿರುವಾಗಲೇ ದುರ್ಬಲಗೊಳ್ಳಲು ಅವಕಾಶವಿದೆ. ಕಲಿತ ವಿಷಯ ಒಂದೇ ಆದರೂ ಅದರಿಂದ ಆಗುವ ಶೈಕ್ಷಣಿಕ ಪರಿಣಾಮವು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರ ಬಹುದು. ದಂಡನೆಯಾಗುವುದೆಂಬ, ತಾನು ಇತರರಿಗಿಂತ ಬುದ್ಧಿವಂತನೆಂದು ತೋರಿಸಿ ಕೊಳ್ಳಬೇಕೆಂಬ ಅಹಂಕಾರ ಅಥವಾ ಒಂದು ವಿಷಯವನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದರಿಂದ ಬರುವ

ತೃಪ್ತಿ ಆನಂದಗಳು ಕಲಿಯುವಿಕೆಗೆ ಪ್ರೇರಣೆಯಾಗಬಹುದಷ್ಟೆ. ಪ್ರೇರಣೆಯ ಸ್ವಭಾವಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಶೈಕ್ಷಣಿಕ ಪರಿಣಾಮವು ಬರುತ್ತದೆ, ಆದುದರಿಂದ ಮಕ್ಕಳ ಮನಸ್ಸನ್ನು ರೂಪಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಶಿಕ್ಷಕನ ಮನೋಧರ್ಮವಾಗಲೀ, ಶಾಲೆಯ ವಾತಾವರಣವಾಗಲೀ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರಲಾರದು ಎಂಬುದನ್ನು ಯಾರೂ ಒಪ್ಪಲಾರರು.

ಭಯ, ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಅಧಿಕಾರಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಒಂದು ಶಾಲೆಯ ಕೆಲಸ ನಡೆಯುತ್ತಿದ್ದರೆ ಆ ಕೆಲಸವು ಅತ್ಯಂತ ಹೀನವಾದದ್ದೆಂದು ನಾನು ಎಣಿಸಿದ್ದೇನೆ. ಅಂಥ ಕೆಲಸವು ಮಕ್ಕಳಲ್ಲಿರಬಹುದಾದ ಸದ್ಭಾವನೆ, ಪ್ರಾಮಾಣಿಕತೆ ಮತ್ತು ಆತ್ಮವಿಶ್ವಾಸ ಗಳನ್ನು ಹಾಳುಮಾಡಿಬಿಡುತ್ತವೆ. ಅಂಥ ಶಾಲೆಯು ಹೇಡಿಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ತಯಾರು ಮಾಡಬಲ್ಲದು. ಸರ್ವಾಧಿಕಾರಿಗಳಿರುವ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲಾ ಇರುವ ಶಾಲೆಗಳು ಇಂಥವೇ. ಇಂಥ ಹೇಯ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಶಾಲೆಯನ್ನು ದೂರವಿಡುವುದು ಸಾಧ್ಯ. ಶಿಕ್ಷಕನಿಗೆ ದಂಡಿಸುವ ಅಧಿಕಾರವನ್ನು ಕೊಡದಿದ್ದರೆ ಅವನು ತನ್ನ ಮಾನವೀಯ ಗುಣಗಳಿಂದ ಮತ್ತು ಬುದ್ಧಿಸಾಮರ್ಥ್ಯದಿಂದ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಗೌರವವನ್ನು ಗಳಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ರಜಾಪ್ರಭುತ್ವವಿರುವ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಇಂಥ ಶಾಲೆಗಳಿರಲು ಸಾಧ್ಯ,

ಸಮಾಜದ ಗೌರವವನ್ನು ಪಡೆಯಬೇಕೆಂಬ ಹಂಬಲವೇ ಎರಡನೆಯ ವಿಧದ ಪ್ರೇರಣೆ. ಇಂಥ ಹಂಬಲವು ಮನುಷ್ಯನ ಸ್ವಭಾವಗುಣವಾಗಿದೆ. ಇದು ಇಲ್ಲದೆ ಹೋದರೆ ಮಾನವನಲ್ಲಿ ಸಹಕಾರ ಬುದ್ಧಿಯೇ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ತನಗೆ ಇತರರಿಂದ ಮನ್ನಣೆ ಸಿಗಬೇಕೆಂಬ ಆಸೆಯು ಸಮಾಜವನ್ನು ಒಗ್ಗಟ್ಟಾಗಿಡಲು ಅಗತ್ಯವಾದ ಬಲಗಳ ಲ್ಲೊಂದಾಗಿದೆ. ಈ ಬಲವು ಸಮಾಜದ ಹಿತವನ್ನು ಕಾಪಾಡುವಂಥದಾಗಿರಬಹುದು. ಅಥವಾ ಅದನ್ನು ವಿನಾಶಕ್ಕೆ ನೂಕುವಂಥಾದಾಗಿರಬಹುದು. ಬೇರೆಯವರ ಮೆಚ್ಚಿಕೆ ಯನ್ನು ಪಡೆಯಬೇಕು ಅಥವಾ ತಾನು ಮಾಡಿದ್ದು ಮತ್ತು ಹೇಳಿದ್ದು ಬೇರೆಯವರಿಗೆ ಒಪ್ಪಿಗೆಯಾಗಬೇಕು ಎಂಬ ಆಸೆಯು ಉತ್ತಮವಾದದ್ದೇ. ಹಾಗಲ್ಲದೆ ತಾನು ಬೇರೆಯವರಿಗಿಂತ ಉತ್ತಮ, ಶಕ್ತಿವಂತ ಮತ್ತು ಬುದ್ಧಿವಂತ ಎನ್ನಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು ಎಂಬ ಆಸೆಯು ಬೆಳೆದರೆ ಅಂಥ ವ್ಯಕ್ತಿಯು ಸಮಾಜದ ಶತ್ರುವಾಗಿಬಿಡಬಹುದು, ಜೊತೆಗೆ ತಾನೂ ಹಾಳಾಗಬಹುದು. ಆದುದರಿಂದ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಕಲಿಯು ವಂತೆ ಮಾಡಲು ಇಂಥ ಆಸೆಗಳನ್ನು ಬೆಳಸುವುದಾಗಲಿ, ಇಂಥ ಪ್ರೇರಣೆಯನ್ನೊದಗಿಸು ವುದಾಗಲೀ ಒಳ್ಳೆಯದಲ್ಲ. ಆ ಸುಲಭಮಾರ್ಗವನ್ನು ಶಿಕ್ಷಣ ತ್ಯಜಿಸಬೇಕು.

ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಪರ್ಧಾ ಮನೋಭಾವವನ್ನು ಪ್ರೋತ್ಸಾಹಿಸುವ ಅನೇಕಾನೇಕ ಜನರು ಡಾರ್ವಿನ್ನನ "ಬದುಕಿಗಾಗಿ ನಡೆಸುವ ಹೋರಾಟ"ದ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಉದಾಹರಿಸಿ ತಾವು ಮಾಡುವುದನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ, ವ್ಯಕ್ತಿ–ವ್ಯಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಸ್ಪರ್ಧೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುವುದು ಆರ್ಥಿಕಾಭಿವೃದ್ಧಿಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಆವಶ್ಯಕವೆಂದು ಅಂಥ ಜನರು ಹೇಳುತ್ತಾರೆ. ಇಂಥ ಸಮರ್ಥನೆ ಅವರು ಹೇಳುವುದು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸತ್ಯವೆಂಬ ಭ್ರಮೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ; ಆದರೆ ಅದು ನಿಜವಲ್ಲ. ಇದು ವಿನಾಶಾತ್ಮಕ

ವಾದುದು. ಮಾನವನು ಬದುಕಿಗಾಗಿ ನಡೆಸಿದ ಹೋರಾಟದಲ್ಲಿ ಜಯಗಳಿಸಿದುದು ತನ್ನ ಸಾಮೂಹಿಕ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ; ಸಮಾಜದಲ್ಲಿ ಅವನು ಒಂದು ಅಂಶ ಮಾತ್ರ. ಒಂದೇ ಹುತ್ತದಲ್ಲಿರುವ ಗೆದ್ದಲು ಹುಳುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಹೋರಾಡುತ್ತಿದ್ದರೆ ಅವು ಬದುಕುವುದು ಎಷ್ಟು ಕಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೋ ಮಾನವ ಸಮಾಜದಲ್ಲಿನ ವ್ಯಕ್ತಿಗಳು ಹೋರಾಡುತ್ತಾ ಬಂದರೆ ಅವರು ಬದುಕುವುದೂ ಅಷ್ಟೇ ಕಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ.

ಬಾಳಿನಲ್ಲಿ ಜಯ ಪಡೆಯಬೇಕು ಎಂಬುದನ್ನು ಹೇಳುವಾಗ ಶಿಕ್ಷಕನು ಎಚ್ಚರಿಕೆ ಯಿಂದಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅದು ಅಪಾರ್ಥವಾಗದಂತೆ ಅವನು ನೋಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗು ತ್ತದೆ. ಸಮಾಜಕ್ಕೆ ತಾನು ಕೊಡುವುದಕ್ಕಿಂತ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲ ವನ್ನು ಪಡೆಯುವವನು ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಜಯಗಳಿಸಿದ್ದಾನೆ ಎಂಬ ಭಾವನೆ ಇದೆ. ಆದರೆ ಒಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯನ ಯೋಗ್ಯತೆಯನ್ನು ನಿಷ್ಕರ್ಷಿಸಬೇಕಾದುದು ಅವನು ಪಡೆಯು ತ್ತಿರುವ ಪ್ರತಿಫಲದ ಪ್ರಮಾಣವಲ್ಲ; ಅವನಿಂದ ಸಮಾಜಕ್ಕೆ ಏನು ದೊರೆತಿದೆ ಎಂಬುದರಿಂದ.

ತಾನು ಮಾಡುವ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ದೊರೆಯುವ ತೃಪ್ತಿ ಮತ್ತು ಆನಂದ ಮತ್ತು ಅಂಥ ಕಾರ್ಯದಿಂದ ಸಮಾಜಕ್ಕೆ ಪ್ರಯೋಜನವಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬ ವಿಶ್ವಾಸಗಳೇ ಮನುಷ್ಯನ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳಿಗೆ ಪ್ರೇರಣೆಯಾಗಬೇಕು. ಮಕ್ಕಳು ಕಲಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಲೂ ಇಂಥದೇ ಪ್ರೇರಣೆ ದೊರೆಯುವಂತೆ ಶಾಲೆಯು ನೋಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಮಕ್ಕಳಲ್ಲಿಯೂ ತರುಣರಲ್ಲಿಯೂ ಈ ಬಗೆಯ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಉದ್ದೀಪನಗೊಳಿಸಿ ಉಜ್ವಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುವುದೇ ಶಾಲೆಯ ಮುಖ್ಯ ಕಾರ್ಯವೆಂದು ನಾನು ಭಾವಿಸಿದ್ದೇನೆ. ಮಾನವನು ಗಳಿಸಬಹುದಾದ ಅತ್ಯಮೂಲ್ಯವಾದ ಭಾಗ್ಯವೆಂದರೆ ಉತ್ಕೃಷ್ಟ ಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಶ್ರೇಷ್ಠ ಕಲಾಕೌಶಲ್ಯ.

ಈ ಬಗೆಯ ಶ್ರೇಷ್ಠ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಪ್ರಚೋದಿಸುವುದು ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಸ್ವಾರ್ಥ ಪರತೆಯನ್ನು ಪ್ರಚೋದಿಸುವುದಕ್ಕಿಂತ ಸುಲಭ. ಭಯ ಹುಟ್ಟಿಸಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡಿಸು ವುದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಸುಲಭ. ಮಗುವಿಗೆ ಆಟದಲ್ಲಿರುವ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಒಲವನ್ನೂ, ಹಿರಿಯರಿಂದ ಮೆಚ್ಚಿಕೆ ಪಡೆಯಬೇಕೆಂಬ ಅದರ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಆಸೆಯನ್ನೂ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಕೊಂಡು ಉದಾತ್ತ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಬೆಳಸಬೇಕೆಂಬುದು ನನ್ನ ಆಶಯ. ಮಗುವಿಗೆ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿರುವ ಈ ಆಸೆಗಳನ್ನು ಪೋಷಿಸಿ ಅದರ ಮನಸ್ಸನ್ನು ಸಮಾಜಕ್ಕೆ ಹಿತವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳ ಕಡೆಗೆ ಹರಿಸಬೇಕು. ಇಂಥ ಚಟುವಟಿಕೆ ಗಳಲ್ಲಿ ಮಗು ಪಡೆಯುವ ಜಯ ಮತ್ತು ಆಗ ಅದಕ್ಕೆ ಸಿಕ್ಕುವ ಮೆಚ್ಚಿಕೆ ಒಳ್ಳೆಯ ಶಿಕ್ಷಣಕ್ಕೆ ತಳಹದಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಬಗೆಯ ಶಿಕ್ಷಣವನ್ನು ಶಾಲೆಯು ಕೊಟ್ಟರೆ ಅದು ಮುಂದಿನ ಜನಾಂಗದಿಂದ ಗೌರವ ಮನ್ನಣೆಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತದೆ. ಅಂಥ ಶಾಲೆಯು ಮಕ್ಕಳಿಂದ ಮಾಡಿಸುವ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕೆಲಸವೂ ಅವರಿಗೆ ಸಂತೋಷ

ವನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ರಜೆಗಿಂತ ಶಾಲೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಪ್ರೀತಿಸಿದ ಮಕ್ಕಳನ್ನು ನಾನು* ನೋಡಿದ್ದೇನೆ.

ತನ್ನದೇ ಆದ ಸಾಮ್ರಾಜ್ಯದಲ್ಲಿ ಶಿಕ್ಷಕನು ಗೌರವಾನ್ವಿತನಾದ ಕಲೆಗಾರನಂತಾದರೆ ಈ ಬಗೆಯ ಉತ್ಕೃಷ್ಟ ಶಿಕ್ಷಣ ಸಾಧ್ಯ. ಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಕೃಷ್ಟ ವಾತಾವರಣವನ್ನುಂಟು ಮಾಡುವುದು ಹೇಗೆ? ಎಲ್ಲ ಶಾಲೆಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸಬಹುದಾದ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಹೇಳುವುದು ಕಷ್ಟ. ಆದರೆ ಕೆಲವು ಅವಶ್ಯಕ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಪಾಲಿಸುವುದರಿಂದ ಸುಧಾರಣೆಯನ್ನು ಆರಂಭಿಸಬಹುದು. ಮೊದಲನೆಯದಾಗಿ ಶಿಕ್ಷಕನು ತನ್ನ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಬೆಳಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಎರಡನೆಯದಾಗಿ ಬೋಧಿಸಬೇಕಾದ ವಿಷಯವನ್ನು ಆರಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದರಲ್ಲಿಯೂ ಬೋಧಿಸಲು ಅನುಸರಿಸಬೇಕಾದ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿಯೂ ಶಿಕ್ಷಕನಿಗೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯವಿರಬೇಕು. ಹೊರಗಿನ ಒತ್ತಡದಿಂದಲೇ ಅವನು ಕೆಲಸಮಾಡಬೇಕಾದರೆ ಅವನಿಗೆ ಕೆಲಸದಿಂದ ಬರುವ ಆನಂದವು ಹಾಳಾಗಿಹೋಗುತ್ತದೆ.

ಈವರೆಗೆ ನಾನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿರುವ ವಿಚಾರವನ್ನು ನೀವು ಎಚ್ಚರದಿಂದ ಗಮನಿಸಿದ್ದರೆ, ನಿಮಗೆ ಒಂದು ಅಚ್ಚರಿಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ಅಂಶವು ಹೊಳೆದಿರಬಹುದು. ಬೋಧನೆಯ ಸತ್ಯದ ವಿಚಾರವನ್ನು ಮಾತ್ರ ನಾನು ಚರ್ಚಿಸಿದ್ದೇನೆ. ಬೋಧಿಸಬೇಕಾದ ವಿಷಯವನ್ನು ಕುರಿತಾಗಲೀ, ಬೋಧನಕ್ರಮದ ಬಗೆಗಾಗಲೀ ನಾನು ಏನನ್ನೂ ಹೇಳಿಲ್ಲ. ಭಾಷೆಗೆ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆ ಕೊಡಬೇಕೆ? ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ತಾಂತ್ರಿಕ ಶಿಕ್ಷಣಕ್ಕೆ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆ ಕೊಡಬೇಕೆ? ಇದನ್ನು ನಾನು ವಿವೇಚಿಸಿಲ್ಲ.

ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ನನ್ನ ಉತ್ತರ ಹೀಗಿದೆ: ಬೋಧಿಸಬೇಕಾದ ವಿಷಯ ಮತ್ತು ಬೋಧನಕ್ರಮ ಶಿಕ್ಷಣದ ಪ್ರಧಾನಾಂಶಗಳಲ್ಲ. ಯುವಕನೊಬ್ಬನು ವ್ಯಾಯಾಮದಿಂದ ತನ್ನ ಮಾಂಸಖಂಡಗಳನ್ನು ಗಟ್ಟಿಮಾಡಿಕೊಂಡಿದ್ದರೆ ಮತ್ತು ದೈಹಿಕ ಶ್ರಮವನ್ನು ಸಹಿಸಬಲ್ಲ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸಂಪಾದಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದರೆ ಮುಂದೆ ಅವನು ಎಂಥ (ಶಾರೀರಕ) ಕೆಲಸವನ್ನಾದರೂ ಮಾಡಬಲ್ಲವನಾಗುತ್ತಾನೆ. ಇದೇ ನಿಯಮ ಮಾನಸಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಗೂ ಹಸ್ತ ಕೌಶಲ್ಯಕ್ಕೂ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. "ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಕಲಿತದ್ದೆಲ್ಲವೂ ಮರೆತುಹೋದಮೇಲೆ ಯಾವುದು ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ಉಳಿಯುತ್ತದೆಯೋ ಅದೇ ಶಿಕ್ಷಣ" ಎಂದು ಒಬ್ಬ ವಿದ್ವಾಂಸ ಶಿಕ್ಷಣಕ್ಕೆ ವ್ಯಾಖ್ಯಾನ ಮಾಡಿದ್ದಾನೆ. ಇದು ತಪ್ಪಲ್ಲ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ಶಿಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಭಾಷೆ–ಇತಿಹಾಸಗಳಿಗೆ ಪ್ರಾಧಾನ್ಯತೆ ಇರಬೇಕೆ ಅಥವಾ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಾಸ್ತ್ರಗಳಿಗೆ ಪ್ರಾಧಾನ್ಯತೆ ಇರಬೇಕೆ ಎಂಬ ವಾದದಲ್ಲಿ ತೊಡಗಲು ನಾನು ಕಾತುರನಾಗಿಯೇ ಇಲ್ಲ.

ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಮುಂದಿನ ಜೀವನಕ್ಕೆ ಪ್ರಯೋಜನವಾಗುವಂಥ ವಿಶೇಷ

* ಈ ಸರ್ವನಾಮವು ಮೂಲ ಲೇಖಕರಾದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ್ದು; ಲೇಖನವನ್ನು ಅನುವಾದ ಮಾಡಿರುವವನಿಗಲ್ಲ.

ಜ್ಞಾನವನ್ನೇ, ಮುಂದೆ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಬರುವಂಥ ಕುಶಲತೆಗಳನ್ನೇ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಬೋಧಿಸಬೇಕೆಂಬ ಅಭಿಪ್ರಾಯವನ್ನು ನಾನು ವಿರೋಧಿಸುತ್ತೇನೆ. ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಎದುರಿಸ ಬೇಕಾಗಿರುವ ಸಮಸ್ಯೆಗಳು ಬಹುವಿಧವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಒಂದು ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಕೊಡುವ ಶಿಕ್ಷಣವು ಆ ಸಮಸ್ಯೆಗಳ ಪರಿಹಾರಕ್ಕೆ ಸಹಾಯಕ ವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ತನ್ನದೇ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವವಿರುವ ಮಗುವನ್ನು ಒಂದು ನಿರ್ಜೀವ ಉಪಕರಣದಂತೆ ಬಗೆಯುವುದು ನನಗೆ ತುಂಬ ಆಕ್ಷೇಪಕರವಾಗಿ ತೋರುತ್ತದೆ. ಶಾಲೆಯನ್ನು ಬಿಡುವ ಹೊತ್ತಿಗೆ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯ ಎಲ್ಲ ಸುಪ್ತಗುಣಗಳೂ ವಿಕಾಸಗೊಂಡು ಅವನ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವ ಪೂರ್ಣವಾಗಿರಬೇಕು. ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಕಸಬನ್ನೇ ಕಲಿಸುವ ತಾಂತ್ರಿಕ ಶಿಕ್ಷಣ ಶಾಲೆಗಳೂ ಈ ಗುರಿಯನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಮರೆಯಬಾರದು. ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ವಿಚಾರಮಾಡಬಲ್ಲ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಮಗುವಿನಲ್ಲಿ ಬೆಳಸುವುದೇ ಬಹು ಮುಖ್ಯವಾದ ಗುರಿಯಾಗಿರಬೇಕೇ ಹೊರತು ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಕುಶಲತೆಯಲ್ಲಿ ಅವನನ್ನು ಪ್ರವೀಣನನ್ನಾಗಿ ಮಾಡುವುದಲ್ಲ. ಮೂಲಭೂತ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಚೆನ್ನಾಗಿ ತಿಳಿದುಕೊಂಡು ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ವಿಚಾರಮಾಡಬಲ್ಲವನು ಕೇವಲ ಒಂದೆರಡು ವಿಷಯ ಗಳಲ್ಲಿ ವಿವರವಾದ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಪಡೆದಿರುವವನಿಗಿಂತ ಸುಲಭವಾಗಿ ಪ್ರಗತಿಪರವಾದ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಗೆ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಾನೆ.

ನನ್ನ ಈ ಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳಿಗೆಲ್ಲಾ ನಾನು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯಾಗಿ ಮತ್ತು ಅಧ್ಯಾಪಕನಾಗಿ ಪಡೆದಿರುವ ಅನುಭವವೇ ಆಧಾರ. ಈ ಅನುಭವ ಬಿಟ್ಟರೆ ನನಗೇನೂ ಗೊತ್ತಿಲ್ಲ. ಈ ಸಂಗತಿಯನ್ನು ಒತ್ತಿ ಹೇಳಬಯಸುತ್ತೇನೆ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಆನುಷಂಗಿಕವಾಗಿ ಆಗಾಗ ಶಿಕ್ಷಣದ ಬಗೆಗೆ ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಿರುವ ವಿಚಾರಗಳು ಶಿಕ್ಷಣದ ಗುರಿ ಏನಿರಬೇಕು, ಗುರಿಯನ್ನು ಹೇಗೆ ಸಾಧಿಸಬೇಕು ಎಂಬುದನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸುತ್ತವೆ. ಅವರೇನೋ ತಾವು ಶಿಕ್ಷಣತಜ್ಞರಲ್ಲ, ಅಧಿಕಾರ ಯುತವಾಗಿ ಮಾತನಾಡಬಲ್ಲ ಅನುಭವ ಜ್ಞಾನಗಳು ತಮಗಿಲ್ಲ ಎಂದು ಹೇಳಿಕೊಂಡಿ ದ್ದಾರೆ. ಇದು ಅವರ ವಿನಯದ ಕುರುಹೇ ಹೊರತು ಅವರ ಅನರ್ಹತೆಯಲ್ಲ. ಈ ಶತಮಾನದ ಅತ್ಯಂತ ಧೀಮಂತ ಆಚಾರ್ಯರಾದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಶಿಕ್ಷಣದ ಬಗೆಗೆ ಮಾತನಾಡಲಾರದವರಾದರೆ ಮತ್ತಾರಿಗೆ ಆ ಅರ್ಹತೆ ಇದ್ದೀತು!

ವಿಚಾರಶೀಲನಾದ ಮಾನವನ ಸಂಸ್ಕೃತಿಯನ್ನು ಬೆಳಸಬಲ್ಲ ಲೋಕಾನುಕಂಪ ಪೂರಿತನಾದ ಸತ್ಯಾನ್ವೇಷಿಯಾದ ಮಾನವನನ್ನು ರೂಪಿಸಬಲ್ಲ ಸಾಧನವೇ ಶಿಕ್ಷಣ. ಅವನ ಸರ್ವಾಂಗೀಣ ವಿಕಾಸಕ್ಕೆ ಶಿಕ್ಷಣ ಕಾರಣವಾಗಬೇಕು. ಅವನ ಎಲ್ಲ ಕಾರ್ಯ ಗಳಿಗೂ ಜ್ಞಾನಾನ್ವೇಷಣೆ ಮತ್ತು ಮಾನವ ಪ್ರೇಮಗಳೇ ಪ್ರೇರಕಶಕ್ತಿಯಾಗಬೇಕು. ಎಲ್ಲ ಶಿಕ್ಷಣ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರೂ ಇದನ್ನು ಒಪ್ಪುತ್ತಾರೆ.

ಇಷ್ಟಾದರೂ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ವಿಚಾರವೆಲ್ಲ ಒಂದು ದಿವ್ಯಾದರ್ಶವಾಗುತ್ತವೆ. ಅವೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಕಾರ್ಯಗತಗೊಳಿಸುವುದು ಸುಲಭಸಾಧ್ಯವಲ್ಲ. ಆದರ್ಶ ಶಿಕ್ಷಕ ಮತ್ತು

ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿದ್ದರೆ ಇಂಥ ಆದರ್ಶ ಶಿಕ್ಷಣ ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಶಿಷ್ಯವಾತ್ಸಲ್ಯ ಮತ್ತು ನಿಷ್ಕಾಮ ಜ್ಞಾನಾನ್ವೇಷಣೆ ಶಿಕ್ಷಕರ ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಪ್ರೇರಕವಾಗಬೇಕು. ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಸಂಪಾದಿಸಬೇಕೆಂಬ ಆತುರ ಕಲಿಯುವಿಕೆಯಿಂದ ಬರುವ ಆನಂದ- ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಕಾಯಕಕ್ಕೆ ಪ್ರೇರಕವಾಗಬೇಕು. ಈಗ ನಾವು ನೋಡುತ್ತಿರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಇದಕ್ಕೆ ತೀರಾ ವ್ಯತಿರಿಕ್ತವಾಗಿದೆ. ಬೋಧನ ಮತ್ತು ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಶಿಕ್ಷಕ ಅಪೇಕ್ಷಿಸುವುದು ಆರ್ಥಿಕಾನುಕೂಲ ಮತ್ತು ಕೀರ್ತಿ. ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯಾದರೋ ಪರೀಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಗೋ ಜಯಗಳಿಸಿ ಅದರಿಂದ ಅಧಿಕಾರ, ಹಣ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಷ್ಠೆಗಳನ್ನು ಸಂಪಾದಿಸಬಯಸು ತ್ತಾನೆ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಹೇಳಿರುವಂಥ ಆದರ್ಶ ಶಿಕ್ಷಕ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ತೀರಾ ಕಡಿಮೆ. ತಾನು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಬದುಕಬೇಕೆಂಬ ಆಸೆ ಮಾನವನಿಗೆ ಸಹಜವಾದದ್ದು. ಆದುದರಿಂದ ಪರೀಕ್ಷೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ಸ್ಪರ್ಧೆಯನ್ನಾಗಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಅನುಕೂಲ ಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬೇಕೆಂಬ ಶಿಕ್ಷಕರ ಮನೋಭಾವವನ್ನಾಗಲೀ ಅವಹೇಳನಮಾಡು ವಂತೆಯೇ ಇಲ್ಲ. ಆದರೆ ಆದರ್ಶವೇ ಇಲ್ಲದ ಶಿಕ್ಷಣ ಯಾವುದನ್ನೂ ಸಾಧಿಸಲಾರದು. ಲೌಕಿಕ ಪ್ರಗತಿಯೂ ಅಂಥ ಶಿಕ್ಷಣದಿಂದ ಆಗಲಾರದು. ಆದುದರಿಂದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿರುವ ಆದರ್ಶವನ್ನು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳೂ, ಅಧ್ಯಾಪಕರೂ ನೆನಪಿನಲ್ಲಿಟ್ಟು ಕೊಳ್ಳುವುದೂ ಅದು ಸಾಧಿಸಬಹುದಾದದ್ದು ಎಂಬ ವಿಶ್ವಾಸವನ್ನು ಬೆಳಸಿಕೊಳ್ಳುವುದೂ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಮಂಗಳಕರವಾದುದು.

* * * *

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವಾಣಿ

ಅಲ್ಲಿ [ಝೂರಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪಾಲಿಟೆಕ್ನಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ] ಬಲು ಸಮರ್ಥ ಗಣಿತ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕ ರಿದ್ದರು (ಉದಾಹರಣೆಗೆ: ಹರ್ವಿಟ್ಝ್, ಮಿಂಕೊವ್ಸ್ಕೀ ಮೊದಲಾದವರು). ಹೀಗಾಗಿ ನಿಜಕ್ಕೂ ನಾನು ಪರಿಪುಷ್ಟ ಗಣಿತ ಶಿಕ್ಷಣ ಪಡೆಯಬಹುದಾಗಿತ್ತು. ಆದರೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ವೇಳೆಯನ್ನು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಯೋಗಮಂದಿರದಲ್ಲಿ ಕೆಲಸಮಾಡುತ್ತ ವಿನಿಯೋಗಿಸುತ್ತಿದ್ದೆ. ಅಲ್ಲಿ ಅನುಭವದೊಡನೆ ಒದಗುತ್ತಿದ್ದ ನೇರ ಸಂಸ್ಪರ್ಶ ನನ್ನನ್ನು ಸಂಮೋಹಗೊಳಿಸಿತ್ತು. ಉಳಿದ ಕಾಲ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಮನೆಯಲ್ಲಿ ಕಿರ್ಖಫ್, ಹೆಲ್ಮ್ ಹಾಲ್ಝ್, ಹರ್ಟ್ಸ್ ಮೊದಲಾದವರ ಕೃತಿಗಳ ಅಧ್ಯಯನದಲ್ಲಿ ನಿರತನಾಗಿರುತ್ತಿದ್ದೆ. ಗಣಿತವನ್ನು ನಾನು ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಕಡೆಗಣಿಸಿದ್ದು ಪ್ರಾಕೃತಿಕ ವಿಜ್ಞಾನಗಳಲ್ಲಿ ನನಗೆ ಗಣಿತಕ್ಕಿಂತ ಪ್ರಬಲತರ ಆಸಕ್ತಿ ಇತ್ತೆಂಬ ಒಂದೇ ಕಾರಣಕ್ಕಾಗಿ ಅಲ್ಲ. ಈ ಮುಂದಿನ ವಿಚಿತ್ರಾನುಭವವೂ ಅದರ ಕಾರಣವಾಗಿತ್ತು: ಗಣಿತ ಹಲವಾರು ವಿಶೇಷ ವಿಭಾಗಗಳಾಗಿ ಒಡೆದುಹೋಗಿದ್ದುದನ್ನು ಕಂಡೆ; ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವಿಭಾಗವೂ ನಮಗೆ ದತ್ತವಾಗಿರುವ ಅಲ್ಪಾಯುಷ್ಯವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಆಪೋಶಿಸಲು ಸಾಕು. ಹೀಗಾಗಿ,

[ಸರ್ವಸಮಾನವಾದ ಎರಡು ಹುಲ್ಲುಕಂತೆಗಳನ್ನು ಎದುರು ಹಿಡಿದಾಗ] ಯಾವ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಹುಲ್ಲುಕಂತೆಯನ್ನು ಆಯಬೇಕು ಎಂಬುದನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಗದ ಬ್ಯೂರಿಡನ್ನನ ಕತ್ತೆಯಂತಾಯಿತು ನನ್ನ ಸ್ಥಿತಿ. ಗಣಿತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಮೂಲಭೂತವಾಗಿ ಪ್ರಮುಖ ವಾದದ್ದು ಯಾವುದು,- ನಿಜಕ್ಕೂ ಆಧಾರರೂಪದ್ದು ಯಾವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಉಳಿದ ಹೆಚ್ಚುಕಡಿಮೆ ನಿವಾರ್ಯ ಪ್ರೌಢಪಾಂಡಿತ್ಯದಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ವಿಭೇದೀಕರಿಸುವಷ್ಟರ ಮಟ್ಟಿಗೆ ನನ್ನ ಅಂತರ್ಬೋಧೆ ಬಲಶಾಲಿ ಆಗಿಲ್ಲದಿದ್ದುದೇ ಇದರ ಕಾರಣವೆಂಬುದರಲ್ಲಿ ಸಂದೇಹವಿಲ್ಲ. ಇಷ್ಟೂ ಅಲ್ಲದೆ ನಿಸರ್ಗಜ್ಞಾನದ ಬಗ್ಗೆ ನನಗಿದ್ದ ಕುತೂಹಲ ನಿಸ್ಸಂದಿಗ್ಧವಾಗಿಯೂ ಪ್ರಬಲತರವಾಗಿತ್ತು ; ಆದರೆ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಆಧಾರ ತತ್ತ್ವಗಳನ್ನು ಕುರಿತ ಹೆಚ್ಚು ಆಳವಾದ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯನ್ನು ಗಳಿಸುವುದರತ್ತ ಸಾಗುವ ಹಾದಿ ಅತ್ಯಂತ ಜಟಿಲ ಹಾಗೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಗಣಿತ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಬಂಧಿತವಾಗಿದೆ ಎಂಬ ಸಂಗತಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿ ಆಗಿದ್ದ ನನಗೆ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಮುಂದೆ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ವೈಜ್ಞಾನಿಕಾನ್ವೇಷಣೆಯನ್ನು ಮಾಡುತ್ತ ಸಾಗಿದಂತೆ ಕ್ರಮೇಣ ಈ ಜ್ಞಾನೋದಯ ವಾಯಿತು. ನಿಜ ಸಂಗತಿ ಎಂದರೆ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ವಲಯಗಳಾಗಿ ಒಡೆದುಹೋಗಿತ್ತು. ಇಂಥ ಒಂದೊಂದು ವಲಯವೂ, ಆಳವಾದ ತಿಳಿವಳಿಕೆಯನ್ನು ಗಳಿಸಬೇಕೆಂಬ ಹಸಿವನ್ನು ಎಂದೂ ಹಿಂಗಿಸದೆ, ಇಡೀ ಆಯುರ್ಮಾನದ ಕಾರ್ಯವನ್ನೇ ಕಬಳಿಸಬಲ್ಲದಾಗಿತ್ತು. ಇಲ್ಲಿಯೂ ಅರ್ಥಂಬರ್ಥವಾಗಿ ಸಂಬಂಧಿತವಾಗಿದ್ದ ದತ್ತಾಂಶಗಳ ರಾಶಿ ಅಗಾಧವಾಗಿತ್ತು. ಆದರೆ ಈ ರಂಗದಲ್ಲಿ ನಾನು ಬೇಗನೆ ಯಾವುದು ಮೂಲಭೂತಾಂಶಗಳತ್ತ ಒಯ್ಯಬಲ್ಲದು ಎಂಬುದನ್ನು ವಾಸನೆಯಿಂದಲೇ ಗ್ರಹಿಸಲು ಕಲಿತೆ ಮತ್ತು ಮನಸ್ಸಿನ ಮೇಲೆ ಪೇರಿಕೊಂಡು ಬಂದು ಅದನ್ನು ಸಾರಭೂತ ವಿಷಯ ದಿಂದ ಕದಲಿಸುವ ಉಳಿದೆಲ್ಲವುಗಳಿಂದ ವಿಮುಖನಾಗಲು ಕಲಿತೆ. ಇಲ್ಲೊಂದು ಸಿಕ್ಕು ಇತ್ತು : ತನಗೆ ಒಲವು ಇರಲಿ, ಇಲ್ಲದಿರಲಿ—ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿ, ಪರೀಕ್ಷೆಗಳಿಗೋಸ್ಕರವಾಗಿ ಇವೆಲ್ಲ ರದ್ದಿಗಳನ್ನೂ ತನ್ನ ಮನದಾಳಕ್ಕೆ ಗಿಡಿಯಲೇಬೇಕಾಗಿತ್ತು. ಈ ಬಲವದ್ಬಂಧ ನನ್ನನ್ನು ಎಷ್ಟು ಧೃತಿಗೆಡಿಸಿಬಿಟ್ಟಿತೆಂದರೆ ಅಂತಿಮ ಪರೀಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ತೀರ್ಣನಾದ ತರುವಾಯ ಮುಂದಿನ ಪೂರ್ತಿ ಒಂದು ವರ್ಷ ಕಾಲ ನನಗೆ ಯಾವುದೇ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಪರಿಶೀಲನೆಯೂ ಅರುಚಿಕರವಾಗಿತ್ತು.

ಅನು : ಜಿ. ಟಿ. ಎನ್.

ಜಿ. ಟಿ. ನಾರಾಯಣರಾವ್

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಮತ್ತು ಬಾಂಬ್

1905ರಲ್ಲಿ ಕೇವಲ ಇಪ್ಪತ್ತಾರು ವರ್ಷ ವಯಸ್ಸಿನ, ಏಕಸ್ವ ಕಛೇರಿ ಗುಮಾಸ್ತ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ (1879–1955) ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ನವಯುಗವನ್ನೇ ಪ್ರವರ್ತಿಸಿದರು. 1906ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟವಾದ ಎಂಟನೆಯ ಸಂಶೋಧನ ಪ್ರಬಂಧದಲ್ಲಿ (*Annalen der Physik*, 20, 627–633) $E=mc^2$ ಎನ್ನುವ ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದರು. ಇಲ್ಲಿ E ಶಕ್ತಿ, m ರಾಶಿ, c ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ.

ಈ ಸಮೀಕರಣದ ಅರ್ಥವೇನು? ನಮ್ಮ ಕೈಗೆ ದೊರೆಯುವ ಯಾವುದೇ ವಸ್ತುವಿನ ತುಣುಕನ್ನು 1 ಗ್ರಾಮ್‌ನಷ್ಟು ($m=1$) ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದನ್ನು ನಿರ್ನಾಮಗೊಳಿಸುವುದು, ಅಂದರೆ ಅದರ ರಾಶಿಯನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಶಕ್ತಿ ರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು, ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ ಆ ಶಕ್ತಿಯು ಮೊತ್ತ 3 ಕೋಟಿ 30 ಲಕ್ಷ ಕುದುರೆಗಳು ಒಟ್ಟಿಗೆ ಒಂದು ಗಂಟೆಕಾಲ ಮಾಡುವ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಷ್ಟೊಂದು ಅಗಾಧ 'ಶಕ್ತಿಯ' ಉಗ್ರಾಣ ಯಾವುದೇ ಜಡವಸ್ತು. ಮಂಕುತಿಮ್ಮನ ಮಾತಿನಲ್ಲಿ 'ಜಡವೆಂದರೇನು? ಸೃಷ್ಟಿಯಲಿ ಚೇತನ ಸುಪ್ತಿ, ಅಡಗಿ ನಿದ್ರಿಪುದಲ್ಲಿ ಚೈತನ್ಯದಗ್ನಿ.' ಸೂರ್ಯ ಮತ್ತು ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಅತಿಯಾದ ಸಂಮರ್ದ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣ ಇರುವುದಾಗಿ—ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿ ಇವುಗಳ ಅನುಭವ ನಮಗೆಂದೂ ಆಗದು (ಸದ್ಯ ಬಚಾವ್; ಹೀಗಾಗಿ ಉಳಿದಿದ್ದೇವೆ!)—ಆ ಆಕಾಶಕುಲುಮೆಗಳಲ್ಲಿ ವಸ್ತು ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಂಡು ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆ ಆಗುತ್ತಿರುವುದು. ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬಿನಲ್ಲಾದರೂ ನಡೆಯುವುದು ಇದಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾದ ಒಂದು ಕ್ರಿಯೆ—ವಸ್ತುನಷ್ಟದಿಂದ ಶಕ್ತಿಯ ಬಿಡುಗಡೆ. ಇಂದು ವ್ಯಾಪಕವಾಗಿ ಬಲು ದುಬಾರಿ ವೆಚ್ಚದಿಂದ ಚಾಲ್ತಿಗೆ ಬರುತ್ತಿರುವ 'ಶಾಂತಿಗಾಗಿ ಪರಮಾಣು' ಯೋಜನೆಯ ಹಿನ್ನೆಲೆ ತತ್ತ್ವ ಕೂಡ ಇದೇ—ವಸ್ತುವನ್ನು 'ಹಿಂಡಿ' ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಸಿಯುವುದು.

ಶಕ್ತಿಯ ರಾಶಿ ಎಷ್ಟು ಎಂಬುದನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಲು ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆ. ಉದ್ದ ಅಗಲ, ಆಳ, ತಲಾ 1.6 ಕಿಲೊಮೀಟರ್ (=1 ಮೈಲು) ಇರುವ ಮಹಾಸರೋವರ

ನೀರಿನಿಂದ ಭರ್ತಿ ಆಗಿರಲಿ. ಇದರ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು 1° ಸೆಲ್ಸಿಯಸಿನಷ್ಟು ಏರಿಸಲು ಆವಶ್ಯವಾಗುವ ಉಷ್ಣಶಕ್ತಿಯ ತೂಕ ಕೇವಲ 190 ಗ್ರಾಮ್‌ಗಳು.

ಇಷ್ಟು ತಿಳಿಯುವಾಗ ನಿಮಗೊಂದು ಸಂದೇಹ ಮೂಡುತ್ತದೆ: ಯಾವುದೇ ವಸ್ತು ಅಷ್ಟೊಂದು ಅಗಾಧ ಶಕ್ತಿಯ ಘನೀಭವಿತ ರೂಪವಾಗಿದ್ದರೆ ಆ ರಹಸ್ಯವನ್ನು ಮಾನವ ಈ ಶತಮಾನದ ತನಕವೂ ಗಮನಿಸದಿದ್ದುದೇಕೆ? ಖುದ್ದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರೇ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆ ಎತ್ತಿ ಉತ್ತರವಿತ್ತಿದ್ದಾರೆ "ಉತ್ತರ ಬಲು ಸರಳವಾಗಿದೆ. ಎಲ್ಲಿ ತನಕ ಯಾವುದೇ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಒಂದಿನಿತು ಶಕ್ತಿಯೂ ಹೊರಸೂಸುವುದಿಲ್ಲವೋ ಅಲ್ಲಿ ತನಕ ಅದನ್ನು ಗುರುತಿಸುವುದು ಅಸಾಧ್ಯ—ಅಗರ್ಭ ಶ್ರೀಮಂತನೊಬ್ಬ ಬಿಡಿಗಾಸನ್ನೂ ವೆಚ್ಚಿಸದಿದ್ದರೆ ಅಥವಾ ಕೊಡದಿದ್ದರೆ ಹೇಗೋ ಹಾಗೆ; ಅವನ ಶ್ರೀಮಂತಿಕೆ ಯಾವ ಮಟ್ಟದ್ದು ಎಂದು ಯಾರೂ ಅಂದಾಜು ಮಾಡಲಾರರು." ವಿಕಿರಣಪಟುತ್ವದ (ರೇಡಿಯೊ-ಆ್ಯಕ್ಟಿವಿಟಿ) ಆವಿಷ್ಕಾರವಾದದ್ದು (1896) ಒಂದು ಆಕಸ್ಮಿಕ. 'ಅಗರ್ಭ ಶ್ರೀಮಂತ'ನಾದ ನಿಸರ್ಗ ವಿಕಿರಣಪಟುತ್ವದ ಮೂಲಕ 'ಪುಡಿಗಾಸುಗಳನ್ನು ಎಸೆ'ಯುತ್ತಿದ್ದುದನ್ನು ಮಾನವ ಗುರುತಿಸಿದಾಗ ಪರಮಾಣು ಹೂರಣದ ಪ್ರಥಮ ಸಂದೇಶ ಅವನಿಗೆ ದೊರೆಯಿತು.

ನಿಜಕ್ಕೂ ನಿಸರ್ಗ ಜಿಪುಣಾಗ್ರೇಸರ ಕುಬೇರ. ಇದರ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಣದಲ್ಲಿಯೂ ಅಗಾಧ ಶಕ್ತಿ ಹುದುಗಿದೆ ದಿಟ. ಆದರೆ ಈ ಶಕ್ತಿ ನಮಗೆ ಸುಲಭಲಭ್ಯವಾಗಿಲ್ಲ. ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ತಂತ್ರವಿದ್ಯೆ ಹಿರಿಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಅಭಿವರ್ಧಿಸಿರುವ ಇಂದಿನ ದಿನಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕೇವಲ ಕೆಲವೇ ಅಪೂರ್ವ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಮಾತ್ರ ಪರಮಾಣು ಗರ್ಭದಿಂದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹಿಂಡುವ ಭಗೀರಥ ಸಾಹಸ ಕೈಗೂಡಿದೆ.

$E=mc^2$ ದಂಥ ಅತ್ಯಂತ ಸುಂದರ, ಗಹನ ಮತ್ತು ಸತ್ತ್ವಪೂರ್ಣ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಆವಿಷ್ಕರಿಸಿದಾತ ಈ ಏಕೈಕ ಮಹಾಸಿದ್ಧಿಯಿಂದ ಪ್ರಾಪ್ತವಾಗುವ ಕೀರ್ತಿಶ್ರೀಯೊಂದರ ಅಡಿಪಾಯದ ಮೇಲೆಯೇ ತನ್ನ ಭವಿಷ್ಯ ಜೀವನಸೌಧವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುತ್ತ ಬೇರೆ ಏನನ್ನೂ ಮಾಡದೆ ವೃತ್ತಿಯಿಂದ ನಿವೃತ್ತನಾಗಬಹುದು ಎಂಬುದಾಗಿ ವಿಖ್ಯಾತ ಭೌತರಸಾಯನವಿಜ್ಞಾನಿ ಮತ್ತು 1920ರ ನೊಬೆಲ್ ಪ್ರಶಸ್ತಿ ವಿಜೇತ ವಾಲ್ಟರ್ ನರ್ನ್‌ಸ್ಟ್ (1864-1941) ಒಮ್ಮೆ ಹೇಳಿದ್ದರು. (ಶ್ಲಾಘನೆಯ ಈ ಮಾತನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರಿಗೆ ವರದಿ ಮಾಡಿದಾಗ ಇವರು ನಕ್ಕು ನುಡಿದರು "ಆ ಹಳೆ ಅಪರಾಧಿಗೆ ಇದು ಪ್ರಿಯವಾದೀತು ನಿಜ. ಆದರೆ ನಾನವರಿಗೆ ಈ ಸುಖ ಒದಗಿಸಲಾರೆ!") ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಊಹನೆಯ—ಅಂದರೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಕಂಡು, ಇಲ್ಲ, ತಾಳೆ ನೋಡಿ ತಿಳಿಯುವ ಮೊದಲೇ ವಾಸ್ತವತೆ ಹೀಗಿರಬಹುದು ಎಂದು ಕಣಿ ನುಡಿಯುವ ವಿಧಾನ—ಪ್ರಕಾರವೇ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ರಾಶಿ-ಶಕ್ತಿ ಅನ್ಯೋನ್ಯತೆ ಇದೆಯೆಂದು ಈ ಸಮೀಕರಣ ದೃಢಪಡಿಸಿತು. ವಾಸ್ತವತೆ ಯಾವ ಸುಳುಹನ್ನು ಕೊಡದೆಯೂ ಊಹನೆಗೆ ಮಣಿದ ಅಪೂರ್ವ ಪ್ರಸಂಗವಿದು. ಇದರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವದ ವಿಶೇಷ ಪರಿಮುದ್ರೆ

ಟಂಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಇತರ ಯಾವುದೇ ಸಮಕಾಲೀನ ಪ್ರತಿಭೆಗೂ $E=mc^2$ ಪ್ರಾಯಶಃ ಗೋಚರವಾಗುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ.

ಪರಮಾಣು ಜಗತ್ತಿನ ಅನಾವರಣ ನಾಟಕದ ಮುಂದಿನ ದೃಶ್ಯ ಇಟಲಿಯ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಎನ್ರಿಕೊ ಫರ್ಮೀಯವರ (1901-1954) ಪ್ರಯೋಗಮಂದಿರದಲ್ಲಿ ಪ್ರದರ್ಶನಕ್ಕೆ ಅಣಿಗೊಂಡಿತು. ಇಸವಿ 1934. ಇವರ ಚಿಂತನೆ ಹರಿದ ಧಾಟಿ ಇದು : ಯರೇನಿಯಮ್ಮಿನಂಥ ವಿಕಿರಣಪಟು ಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣು ತಂತಾನೆ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಿ (ಎಮಿಟ್) ಬೇರೆ ಒಂದು ಧಾತುವಿನ ಪರಮಾಣುವಾಗುತ್ತದೆ; ಯುರೇನಿಯಮ್ ಪರಮಾಣು ಅಭದ್ರಕೋಟಿಯಾದ್ದರಿಂದ ಹೀಗಾಗುತ್ತದೆ; ಎಂದೇ ಅದರ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನಿಂದ ವಿಕಿರಣ ಉತ್ಸರ್ಜಿತವಾಗುತ್ತದೆ; ಈಗ ಅದೇ ಯುರೇನಿಯಮ್ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳಿಂದ ಕೃತಕವಾಗಿ ಬಂಬಾಯಿಸಿದರೆ (ತಾಡಿಸಿದರೆ) ಏನಾದೀತು? ಈ ಚಿಂತನೆ ನಿಜಕ್ಕೂ ಯುಗಪ್ರವರ್ತಕವಾಯಿತು.

ಇಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಂಗತಿಯನ್ನು ನೆನಪಿನಲ್ಲಿಡುವುದು ಅಗತ್ಯ. ಯಾವ ಪರಮಾಣುವೂ ದೃಗ್ಗೋಚರವಲ್ಲ. ಗುಂಡುಪಿನ್ನಿನ ಮೇಲೆ ಕೋಟ್ಯಂತರ ಪರಮಾಣುಗಳು ನೆಲಸಿರಬಲ್ಲವು. ಇಂಥ ಅನಂತಾಲ್ಪಗಾತ್ರದ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಇನ್ನೂ ಅನಂತಾಲ್ಪಗಾತ್ರದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ 'ಗುಂಡು'ಗಳಿಂದ ಬಂಬಾಯಿಸುವುದು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ, ಕಡಲ ಕಿನಾರೆಯ ಪುಳಿನರಾಶಿಯಿಂದ ಸಾಸಿವೆ ಕಾಳು ಹೆಕ್ಕುವ ಸಾಹಸಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾಗುತ್ತದೆ. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ ಈ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಗುಂಡುಗಳು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ ಲಕ್ಷ್ಯವನ್ನು ತಾಗುವ ಸಂಭಾವ್ಯತೆ ಏನು ? ಹಕ್ಕಿಗಳು ಅತಿ ವಿರಳವಾಗಿರುವ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ, ಕಾರಿರುಳ ನಡುವಿನಲ್ಲಿ, ತುಪಾಕಿ ಪರಂಪರೆಯನ್ನೇ ಹೊಟ್ಟಿಸಿದಾಗ ಹಕ್ಕಿಗಳಿಗೆ ಗುಂಡುಗಳು ತಾಗುವ ಸಂಭಾವ್ಯತೆಯಷ್ಟು. ನಿರಂತರವಾಗಿ ಗುಂಡಿನ ಮಳೆಗರೆದದ್ದಾದರೆ ಒಂದೊ ಎರಡೊ ಆಹುತಿಯಾದರೆ ಅದೃಷ್ಟ.

ಏರು ಕಡಿದಾದಷ್ಟೂ ಅಡಚಣೆ ಹಿರಿದಾದಷ್ಟೂ ಛಲ ವರ್ಧಿಸುವುದು ಮಾನವ ಸ್ವಭಾವ. ಹೀಗೆ ಛಲಾವಿಷ್ಟರಾದ ಫರ್ಮೀ, ಯುಕ್ತ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ವಿಧಾನವನ್ನು ರೂಪಿಸಿ ಯುರೇನಿಯಮ್ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿಗೆ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಗುಂಡುಗಳನ್ನು ಹೊಡೆದೇ ಬಿಟ್ಟರು. ಇವರ ಪ್ರಯೋಗ ಸಫಲವಾಗಿತ್ತು. ಈಡಿಟ್ಟದ್ದು ಕಾಡುಹಂದಿಗೆ, ಬಲಿಯಾದದ್ದು ಹೆಬ್ಬುಲಿ. ಹೊಸ ವಿಕಿರಣಪಟು ಪದಾರ್ಥಗಳು ಸೃಷ್ಟಿಯಾಗಿದ್ದಂತೆ ತೋರಿತು. ಆದರೆ ಲಭ್ಯನಿಧಿ ಏನೆಂಬುದನ್ನು ಅರಿಯುವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಆಗ ಅವರಿರಲಿಲ್ಲ.

ಖ್ಯಾತ ಬ್ರಿಟಿಷ್ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಎರ್ನೆಸ್ಟ್ ರುದರ್ಫರ್ಡ್ (1871-1937) ಏಪ್ರಿಲ್ 23ರಂದು ಫರ್ಮೀಯವರಿಗೊಂದು ಅಭಿನಂದನ ಪತ್ರ ಬರೆದರು "ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ನೆರವಿನಿಂದ ಅನೇಕ ಧಾತುಗಳಲ್ಲಿ ತಾತ್ಕಾಲಿಕ ವಿಕಿರಣಪಟುತ್ವವನ್ನು ಪ್ರೇರಿಸಿರುವ ನಿಮ್ಮ ಈಚಿನ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಗೋಷ್ವಾರೆಯನ್ನು ನನಗೆ

ಕಳಿಸಿಕೊಡುವ ಸೌಜನ್ಯ ತೋರಿಸಿದ್ದೀರಿ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ನಿಮಗೆ ಆಭಾರಿ ಆಗಿದ್ದೇನೆ. ನಿಮಗೆ ದೊರೆತಿರುವ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ತುಂಬ ಕುತೂಹಲಕಾರಿ ಆಗಿವೆ. ಈ ತೆರನಾದ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳ ವಾಸ್ತವ ಕ್ರಿಯಾತಂತ್ರ ಏನೆಂಬುದರ ಬಗ್ಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಮಾಹಿತಿ ಮುಂಬರುವ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಲಭಿಸುವುದು ಖಾತ್ರಿ........ನೀವು ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಿಂದ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಂಡಿದ್ದೀರಿ. ಹಾರ್ದಿಕ ಅಭಿನಂದನೆಗಳು. ಪ್ರಾರಂಭದಲ್ಲೇ ನೀವೊಂದು ಉತ್ಕೃಷ್ಟ ಮಾರ್ಗ ಹಿಡಿದಿರುವಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ. ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಡಿರಾಕ್ ಕೂಡ ಕೆಲವು ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ನಿರತರಾಗಿರುವರೆಂಬ ಸುದ್ದಿ ನಿಮಗೆ ಪ್ರಿಯವಾದೀತು. ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಭವಿಷ್ಯಕ್ಕೆ ಇದೊಂದು ಶುಭ ಲಕ್ಷಣವೆಂದು ತೋರುತ್ತದೆ."

ಈಗ ರಂಗಪ್ರವೇಶ ಮಾಡುವವರು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನಿಂದ ಶಕ್ತಿ ಬಸಿಯುವ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಮೂಲಭೂತ ಪ್ರಯೋಗ ನಡೆಸಿದ ಮೂವರು ಗಣ್ಯರು : ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಲೈಸ್ ಮೈಟ್ನರ್ (1878–1968), ಭೌತರಸಾಯನವಿಜ್ಞಾನಿ ಆಟೋ ಹ್ಯಾನ್ (1879–1968) ಮತ್ತು ರಸಾಯನವಿಜ್ಞಾನಿ ಫ್ರಿಟ್ಸ್ ಸ್ಟ್ರಾಸ್‌ಮ್ಯಾನ್ (1902).

ಮೈಟ್ನರ್ ಆಸ್ಟ್ರಿಯಾಸಂಜಾತ ಯೆಹೂದ್ಯ ಮಹಿಳೆ. ಪುರುಷ ಏಕಸ್ವಾಮ್ಯವಾಗಿದ್ದ ವಿಜ್ಞಾನರಂಗದಲ್ಲಿ ಈಕೆ ಅನೇಕ ಅಶೈಕ್ಷಣಿಕ ಅಡೆತಡೆಗಳನ್ನು ಎದುರಿಸಿ ತನ್ನ ಅರ್ಹತೆಯನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಬೇಕಾಯಿತು. 1907ರಲ್ಲಿ ಬರ್ಲಿನ್ನಿಗೆ ಹೋಗಿ ಹ್ಯಾನರ ಜೊತೆ ಸಂಶೋಧನಸಹವರ್ತಿಯಾಗಿ ಸೇರಿಕೊಂಡರು.

ಜರ್ಮನಿಸಂಜಾತ ಹ್ಯಾನ್ ಶ್ರೇಷ್ಠ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಮತ್ತು ಉದಾರಮಾನವತಾವಾದಿ. ಎರಡನೆಯ ಮಹಾಯುದ್ಧದ ದಿನಗಳಂದು ಇವರು ಜರ್ಮನಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಇದ್ದರು. 1938–39ರ ವೇಳೆಗೆ ಇವರು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಶಕ್ತಿಯ—ಅಂದರೆ ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬಿನ—ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಮಂದಿರದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಕೊಂಡಿದ್ದರು. ಆದರೆ ಹಿಟ್ಲರ್‌ಶಾಹಿಯನ್ನು ಮನಸಾ ತಿರಸ್ಕರಿಸಿದ್ದ ಈ ಮಹಾನುಭಾವ ತನಗೆ ಸಿದ್ಧಿಸಿದ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸದೆ ಪ್ರಪಂಚ ಹರಾಕಿರಿಯಿಂದ ನಾಶವಾಗುವುದನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಿದರು.

ಹ್ಯಾನ್ ಅವರ ಇನ್ನೊಬ್ಬ ಸಂಶೋಧನಸಹವರ್ತಿ ಜರ್ಮನಿಸಂಜಾತ ಸ್ಟ್ರಾಸ್‌ಮ್ಯಾನ್. ಇವರು ಸಹ ಉದಾರಮಾನವತಾವಾದಿ ಆಗಿದ್ದುದರಿಂದ ಆಳರಸರ ಕಾಳಹಂಚಿಕೆಗಳನ್ನು ಬೆಂಬಲಿಸಲಿಲ್ಲ.

ಹ್ಯಾನ್-ಮೈಟ್ನರ್–ಸ್ಟ್ರಾಸ್‌ಮ್ಯಾನ್ ಸಂಶೋಧನಸಹಯೋಗ ಫರ್ಮೀಯವರ 'ಹೆಬ್ಬುಲಿ ಪ್ರಕರಣ'ವನ್ನು (1934) ವಿಶೇಷಾಸಕ್ತಿಯಿಂದ ಪುನರವಲೋಕಿಸಿತು. ಲಭ್ಯ ನೂತನ ಜ್ಞಾನದ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಇವರು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಪುನಾರೂಪಿಸಿ ನಿರ್ವಹಿಸಿದರು. 1938 ಡಿಸೆಂಬರ್ ಪೂರ್ವಾರ್ಧದಲ್ಲಿ ಹ್ಯಾನ್ ಮತ್ತು ಸ್ಟ್ರಾಸ್‌ಮ್ಯಾನ್ ಯುರೇನಿಯಮ್ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸನ್ನು ಭೇದಿಸಿದ್ದರು. (ಈ ವೇಳೆಗೆ ಮೈಟ್ನರ್ ಇವರ ಜೊತೆ ಇರಲಿಲ್ಲ). ಫರ್ಮೀಯಾದರೂ ತತ್ಪೂರ್ವ ಸಾಧಿಸಿದ್ದು

ಕತ್ತ್ವಮಾನ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನೇ. ಆದರೆ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಈ ಅಸಾಧ್ಯ ಸಾಧನೆ ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತೆಂದು ತೀರ್ಪುನೀಡಲು ಕಾಲಾವಕಾಶ ಬೇಕಾಯಿತು.

ಹ್ಯಾನ್–ಸ್ಟ್ರಾಸ್‌ಮ್ಯಾನ್ ಸಹಯೋಗ ಪರಮಾಣುವಿನ 'ಅಲಿಬಾಬನ ಗವಿ' ಬಾಗಿಲನ್ನು ತೆರೆದ ಪರ್ವಕಾಲದಲ್ಲಿ ಮೈಟ್ನರ್ ದೂರದ ಸ್ವೀಡನ್ನಿನಲ್ಲಿ ತಲೆಮರಸಿ ಕೊಂಡಿದ್ದರು. ನಾಟ್ಸೀ ದುರಾಡಳಿತೆಯಲ್ಲಿ ಯೆಹೂದ್ಯಹನನ ಮತ್ತು ಜೀವಂತ ದಹನ ಸುವ್ಯವಸ್ಥಿತವಾಗಿಯೂ ಅತಿ ಕ್ರೂರವಾಗಿಯೂ ನಡೆಯುತ್ತಿತ್ತು. ಜರ್ಮನಿಯಲ್ಲಿ ತನಗಿನ್ನು ಉಳಿಗಾಲವಿಲ್ಲವೆಂದು ಹೆದರಿದ ಈ ಯೆಹೂದ್ಯಜೆ ಮೂವತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ಜರ್ಮನ್ ವಾಸ್ತವ್ಯ ಹಾಗೂ ವಿಜ್ಞಾನಬಾಂಧವ್ಯ ತೊರೆದು ಹೊರನಾಡಿಗೆ ಓಡಿಹೋಗಬೇಕಾಯಿತು.

ತಮ್ಮ ಮಾಜಿ ಸಹವರ್ತಿ ಮೈಟ್ನರ್ ಬಗೆಗೆ ಹ್ಯಾನ್‌ಅವರಿಗೆ ವಿಶೇಷ ಅಭಿಮಾನವಿತ್ತು. ಹೀಗಾಗಿ ತಾವು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿದ ಹೊಸ ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಅವರಿಗೆ ಸ್ವೀಡನ್ ವಿಳಾಸಕ್ಕೆ, ಗುಟ್ಟಾಗಿ ರವಾನಿಸಿದರು (22-12-1938). ಈ ಪತ್ರ ಮೈಟ್ನರ್ ಕೈಸೇರುವ ಹೊತ್ತಿಗೆ ಇವರ ಸೋದರಳಿಯ ಆಟೋ ರಾಬರ್ಟ್ ಫ್ರಿಶ್ (1904) ಕೆಲವು ದಿನ ಹಾಯಾಗಿ ಇವರೊಡನೆ ಕಳೆಯೋಣವೆಂದು ಅಲ್ಲಿಗೆ ಬಂದಿದ್ದರು. ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಫ್ರಿಶ್ 1934ರಿಂದ 1939ರ ತನಕ ಕೋಪನ್‌ಹೇಗನ್ನಿನಲ್ಲಿ (ಡೆನ್ಮಾರ್ಕ್) ನೀಲ್ಸ್ ಬೋರ್ (1885–1962) ಜೊತೆ ಸಂಶೋಧನಸಹಾಯಕರಾಗಿದ್ದರು. ಸಹಜವಾಗಿ ಇವರ ಕ್ಷೇತ್ರ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವೇ ಆಗಿತ್ತು.

ಸ್ಟಾಕ್‌ಹೋಮಿನ ಬಹಿರ್ವಲಯದ ಹಿಮಾಚ್ಛಾದಿತ ಅರಣ್ಯದ ಶಾಂತ ಪರಿಸರ. ಅತ್ತೆ ಮತ್ತು ಅಳಿಯ ಶತಪಥ ತಿರುಗುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಹ್ಯಾನ್‌ಪತ್ರದಲ್ಲಿ ಉಕ್ತವಾಗಿದ್ದ ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಮೆಲುಕು ಹಾಕುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಕೊಂಚ ಹೊತ್ತು ಈ ರೀತಿ ಕಳೆದ ಬಳಿಕ ಬಳಿಯೊಳಿದ್ದ ದೊಡ್ಡ ತರುತಾಣುವಿನ ಮೇಲೆ ಒರಗಿದ್ದಾರೆ. ಹರಕು ಕಾಗದ ಚೂರುಗಳ ಮೇಲೆ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಗೀಚಿ ನೋಡಿ ಬೆಕ್ಕಸಬೆರಗಾಗಿದ್ದಾರೆ. ಅಲ್ಪ ವಸ್ತು ನಷ್ಟ = ಅಗಾಧ ಶಕ್ತಿ ವಿಮೋಚನೆ. ನಿಜ: ಇದು ಆಟೋ ಹ್ಯಾನ್ ಅವರಿಗೆ ಸಿದ್ಧಿಸಿರುವುದು ನಿಜ. ಈ ವಸ್ತು–ಶಕ್ತಿ ಸಂಬಂಧ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಸುಪ್ರಸಿದ್ಧ ಸಮೀಕರಣ, $E=mc^2$, 1905ರಲ್ಲಿ ಮುನ್ನುಡಿದದ್ದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿಯೇ ಇದೆ. Look, my lord, it comes! (ಓ ನನ್ನರಸ ನೋಡಲ್ಲಿ—ಅದು ಬರುತ್ತಿದೆ!)

ಕೆಲವು ದಿನಗಳ ತರುವಾಯ ಫ್ರಿಶ್ ಕೋಪನ್‌ಹೇಗನ್ನಿಗೆ ಮರಳಿದರು. ಅಳುಕು ಸಂಭ್ರಮ, ಭಯ, ಉತ್ಸಾಹ ಮುಂತಾದ ವಿರುದ್ಧ ಗುಣಗಳ ತಾಕಲಾಟದಿಂದ ಇವರು ಉದ್ವಿಗ್ನರಾಗಿದ್ದರು–ಒಳಗಿನ 'ಪರಮಾಣುಶಕ್ತಿ' ಸುಮ್ಮನೆ ಬಿಟ್ಟೀತೇ? ನೇರ ಗುರುವಿನೆಡೆಗೆ ಧಾವಿಸಿದರು—ಸ್ಟಾಕ್‌ಹೋಮಿನ ಬರ್ಫಶೀತಲಿತ ಶಾಂತ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿ ಮೈಟ್ನರ್ ಮತ್ತು ತಾನು ಕಂಡ ಉಷ್ಣ ಸತ್ಯಾವಿಷ್ಕಾರದ ತಳಮಳದ ಸುದ್ದಿ

ಯನ್ನು ಅರುಹೋಣವೆಂದು. ಆ ಸತ್ಯ ನಿಜಕ್ಕೂ ಹೇಗಿತ್ತು? ಇನ್ನೂ ಊಹನೆಯ ಸರಹದ್ದನ್ನು ಹೊರದಾಟಿರಲಿಲ್ಲ.

ನೀಲ್ಸ್ ಬೋರ್ ಆಗ ಅಮೆರಿಕಕ್ಕೆ ತೆರಳುವ ತರಾತುರಿಯಲ್ಲಿದ್ದರು. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಕೇವಲ ಕೆಲವೇ ಮಿನಿಟುಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಅವಕಾಶ ಉಳಿದಿರಲಿಲ್ಲ. ಅಷ್ಟರೊಳಗೇ ಫ್ರಿಶ್ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ವಿಷಯವನ್ನು ಹೇಳಿದರು. ಪ್ರಖರಮತಿ ಬೋರ್ ಒಡನೆ ಸಮಗ್ರ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಿ ನುಡಿದರು "ಓ ನಾವೆಲ್ಲ ಎಂಥ ಮುಟ್ಠಾಳ ರಾಗಿದ್ದೆವು. ಆಹಾ! ಇದು ಪರಮಾದ್ಭುತ! ಇದು ಹೇಗೆ ಇರಬೇಕೋ ಹಾಗೆಯೇ ಇದೆ. ಇದರ ಬಗ್ಗೆ ನೀವೂ ಮೈಟ್ನರರೂ ಸಂಶೋಧನ ಪ್ರಬಂಧ ಬರೆದಿರುವಿರಷ್ಟೆ?"

"ಇಲ್ಲ. ಆದರೆ ಒಡನೆ ಬರೆಯುತ್ತೇವೆ."

"ಸರಿ. ಹಾಗೆ ಮಾಡಿ. ಅದು ಪ್ರಕಟವಾಗುವ ತನಕ ಇದರ ವಿಷಯ ನಾನು ಪ್ರಸ್ತಾವಿಸುವುದಿಲ್ಲ."

ಮುಂದಿನ ಕೆಲವೇ ಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ ಬೋರ್ ಅಮೆರಿಕಗಾಮಿ ಹಡಗೇರಿದ್ದರು.

ಇತ್ತ ಫ್ರಿಶ್ ಮತ್ತು ಮೈಟ್ನರ್ ಸುದೂರ (ಅಂತರದೇಶ) ದೂರವಾಣಿ ಸಂಪರ್ಕವಿರಿಸಿಕೊಂಡು ತಮ್ಮ ಸಂಯುಕ್ತ ಸಂಶೋಧನ ಟಿಪ್ಪಣಿಯನ್ನು ಬರೆದರು. ಯುರೇನಿಯಮ್ ಪರಮಾಣುಭೇದನೆಯ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗೆ ಏನು ಹೆಸರಿಡಬೇಕು? ಏಕಾಣುಜೀವಿಗಳು (ಬ್ಯಾಕ್ಟೀರಿಯಾ) ಒಡೆದು ಎರಡಾಗುವ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗೆ fission (ವಿದಳನೆ) ಎಂಬ ಹೆಸರಿದೆಯೆಂದು (ಬೋರ್ ಇನ್‌ಸ್ಟಿಟ್ಯೂಟಿನಲ್ಲಿದ್ದ) ಅಮೆರಿಕನ್ ಜೀವವಿಜ್ಞಾನಿ ಜೇಮ್ಸ್ ಆರ್ನಾಲ್ಡ್ ಅವರಿಂದ ತಿಳಿಯಿತು. ಸರಿ, ಹಾಗಾದರೆ ಇದು nuclear fissson (ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ವಿದಳನೆ). Nuclear fission ಎಂಬ ತಾಂತ್ರಿಕ ಪದಪುಂಜವನ್ನು ಹೊತ್ತ ಫ್ರಿಶ್–ಮೈಟ್ನರ್ ಸಂಶೋಧನ ಟಿಪ್ಪಣಿ ಲಂಡನ್ನಿನ Nature ಪತ್ರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟವಾಗುವ ವೇಳೆಗೆ (ಫೆಬ್ರುವರಿ 1939) ಸುಮಾರು ಆರು ವಾರಗಳು ಸಂದು ಹೋಗಿದ್ದುವು. ಆದರೆ ಆ ಮೊದಲೇ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ವಿದಳನೆಯ ರಹಸ್ಯ ಪ್ರಪಂಚಕ್ಕೆ ಬಯಲಾಗಿಹೋಗಿತ್ತು.

"ಗೊಂಡಾರಣ್ಯದ ನಡುವೆ ನಡೆದುಕೊಂಡು ಹೋಗುತ್ತಿದ್ದಾಗ, ನಾನು ಯಾವ ಸ್ಪಷ್ಟ ಉದ್ದೇಶವೂ ಇಲ್ಲದೆ, ಒಂಟಿ ಸಲಗವೊಂದರ ಬಾಲ ಹಿಡಿದುಬಿಟ್ಟೆನೋ ಎನ್ನಿಸುತ್ತದೆ. ಈಗ ಏನು ಮಾಡಬೇಕೆಂಬುದು ನನಗೆ ತಿಳಿಯದಾಗಿದೆ" ಎಂಬುದಾಗಿ ಫ್ರಿಶ್ ತಮ್ಮ ತಾಯಿಗೆ ಕಾಗದ ಬರೆದಿದ್ದರು.

ರಹಸ್ಯ ಬಯಲಾದದ್ದು ಹೀಗೆ. ಕಡಲಯಾನದ ವೇಳೆ ಬೋರ್ ಜೊತೆ ಅವರ ಶಿಷ್ಯ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ರೋಸೆನ್‌ಫೆಲ್ಡ್ ಇದ್ದರು. ತಮ್ಮ ಎಂದಿನ ದಕ್ಷತೆ ಮತ್ತು ಪರಿಪೂರ್ಣತೆಯಿಂದ ಬೋರ್ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ವಿದಳನೆಯನ್ನು ಇವರೊಂದಿಗೆ ಚರ್ಚಿಸಿದರು. 'ಅದು ಬಂದದ್ದು' ನಿಜವೆಂದು ಇವರಿಗೆ ಖಚಿತವಾಯಿತು. ಆದರೆ ಈ ಚರ್ಚೆಯ ವೇಳೆ ಬೋರ್ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಸಂಗತಿ ಮರೆತಿದ್ದರು. ಇದು ರಹಸ್ಯ

ವಿಷಯ, ಫ್ರಿಶ್–ಮೈಟ್ನರ್ ಸಂಶೋಧನ ಟಿಪ್ಪಣಿ ಪ್ರಕಟವಾಗುವ ಮುನ್ನ ಪ್ರಪಂಚಕ್ಕೆ ಬಿತ್ತರಿಸಲ್ಪಡತಕ್ಕದ್ದಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ರೋಸೆನ್‌ಫೆಲ್ಡರಿಗೆ ಹೇಳಿರಲಿಲ್ಲ. ಇವರಾದರೂ ಯೋಚನೆ ಮಾಡಿದ್ದೇನು? ಅದಾಗ ತಾನೇ ಪ್ರಕಟವಾದ ಆದರೆ ತಾವಿನ್ನೂ ನೋಡಿರದ ಬಿಸಿ ಬಿಸಿ ಸುದ್ದಿಯನ್ನು ಬೋರ್ ತನ್ನೊಡನೆ ಆತ್ಮೀಯವಾಗಿ ಚರ್ಚಿಸಿದ್ದರೆಂದು.

ಯಾನ ಮುಗಿಯಿತು. ದಂಡೆ ಏರಿದರು. ಬೋರ್ ನ್ಯೂಯಾರ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಉಳಿದರು. ರೋಸೆನ್‌ಫೆಲ್ಡ್ ಪ್ರಿನ್‌ಸ್ಟನ್ನಿಗೆ ಪಯಣಿಸಿದರು. ಅಲ್ಲಿನ ಪಾಮರ್ ಲ್ಯಾಬೊರೇಟರಿಯ ಜರ್ನಲ್ ಕ್ಲಬ್ಬಿನ ಮಾಮೂಲೀ ಸಭೆಗೆ ಇವರನ್ನು ಆಹ್ವಾನಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಯೂರೋಪಿನಿಂದ ಆಗಮಿಸಿದ್ದ ಈ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಯನ್ನು ಆದರದಿಂದ ಸ್ವಾಗತಿಸುತ್ತ "ಕಾಂಟಿನೆಂಟಿನಿಂದ ಏನಾದರೂ ಬಿಸಿ ಸುದ್ದಿ ತಂದಿರುವಿರೇ?" ಎಂದು ಪ್ರಶ್ನಿಸಲಾಯಿತು.

ರೋಸೆನ್‌ಫೆಲ್ಡ್ ಅಧಿಕೋತ್ಸಾಹದಿಂದ ಉತ್ತರ ನೀಡಿದರು. ಬೋರ್ ಜೊತೆ ನಡೆದ ಅರ್ಥಪೂರ್ಣ ಚರ್ಚೆಯನ್ನು ಅಲ್ಲದೆ ಬೋರ್ ನೀಡಿದ ಸುಲಭ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೂಡ ತಿಳಿಸಿದರು. ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್‌ವಿದಳನೆ–ನೀಲ್ಸ್‌ಬೋರ್ ಮುದ್ರೆ—ಇನ್ನು ಕೇಳಬೇಕೇ? ಅತೀತಾತೀತ ಪತ್ರಿಕಾ ಸಮಾಚಾರವಿದಾಯಿತು (ಜನವರಿ 1939). ಅಮೆರಿಕವಿಡೀ ಇದರಿಂದ ಮೈಕೊಡಹಿ ಏಳುವಂತಾಯಿತು. 'ಕಡವರವನೆಡಹಿ ಸಂಧಿಸಿದ ಕಡುಬಡವನೆಂತೆ' ಆಯಿತು ಅಲ್ಲಿನ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಮನಃಸ್ಥಿತಿ.

ಹೊಸತನ್ನು ಕೇಳಿದ ಉನ್ಮಾದ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ದೇಶ ಮುಳುಗಿದ್ದಾಗ, ಪರಮಾಣು ಶಕ್ತಿಯ ರಹಸ್ಯ ಮಾನವನ ವಶವಾಯಿತೆಂಬ ಉತ್ತೇಜಕ ಸುದ್ದಿಯಿಂದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಆನಂದತುಂದಿಲರಾಗಿದ್ದಾಗ, ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಅನಂತ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳನ್ನು ಕಂಡು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಉನ್ಮೀಲಿತ ಭಾವದಲ್ಲಿದ್ದಾಗ, ಒಬ್ಬ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಝೀಲಾರ್ಡ್ ಮಾತ್ರ, ಭವಿಷ್ಯವನ್ನು ನೆನೆದು, ನಾಟ್ಸೀ ರಾಕ್ಷಸನಿಗೆ ಸಿದ್ಧಿಸಿರುವ ನವ ಹನನಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಂಡು, ಮುಕ್ತಪ್ರಪಂಚದ ನಾಳೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಯೋಚಿಸುತ್ತ ಹೆದರಿ ನಡುಗಿದರು, ನಡುಗಿ ಮರಗಟ್ಟಿದರು.

ಹಂಗರಿಯಲ್ಲಿ ಹುಟ್ಟಿದ ಲಿಯೊ ಝೀಲಾರ್ಡ್ (1898-1964) ಬರ್ಲಿನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಓದಿ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ಡಾಕ್ಟೊರೇಟ್ ಗಳಿಸಿದರು. ಅದೇ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕವರ್ಗದಲ್ಲಿದ್ದ ಈ ಯೆಹೂದ್ಯಕುಲಜ, ಹಿಟ್ಲರ್‌ಶಾಹಿ ಅಧಿಕಾರಾರೂಢವಾದಾಗ, ಇನ್ನು ತನಗಲ್ಲಿ ಉಳಿಗಾಲವಿಲ್ಲವೆಂದು ಸಕಾರಣವಾಗಿ ಬಗೆದು, ಇಂಗ್ಲೆಂಡಿಗೆ ನಿರ್ಗಮಿಸಿದರು. ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸನ್ನು ವಿದಳಿಸಲು ಅತಿ ವೇಗದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂತತ ವೃಷ್ಟಿಯನ್ನು ಅದರ ಮೇಲೆ ಬಂಬಾಯಿಸಲು ಇವರೊಂದು ಹೊಸ ಹಂಚಿಕೆ ಹೂಡಿದರು (1933–34). ಇದರ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಒಡೆಯುವಂತೆ ಪ್ರೇರಿಸಿ ಆದರಿಂದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು

ರಟ್ಟುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇವು ಸರದಿಯಲ್ಲಿ ಇತರ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಒಡೆಯುವಂತೆ ಪ್ರೇರಿಸಿ ಅವುಗಳಿಂದ ಇನ್ನಷ್ಟು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ರಟ್ಟುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ ಇತ್ಯಾದಿ. ಇದೊಂದು ಶೃಂಖಲಾಕ್ರಿಯೆ (ಚೇನ್ ರಿಯ್ಯಾಕ್ಷನ್). ಯುಕ್ತ ಧಾತುವಿನ (ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಯುರೇನಿಯಮ್ಮಿನಂಥ ವಿಕಿರಣಪಟು ಧಾತು) ಹಿರಿಮುದ್ದೆಯೊಳಗೆ ಶೃಂಖಲಾಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುವಂತೆ ಪ್ರೇರಿಸಿದ್ದಾದರೆ ಕಣ್ಣು ಮಿಟಕಿಸುವುದರೊಳಗೆ ಅಸಂಖ್ಯಾತ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ತೀವ್ರ ತಾಡನೆಯಿಂದ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ವಿದಳನೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಆಗ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಕುಲುಮೆ ಜ್ವಲಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಶೃಂಖಲಾಕ್ರಿಯೆ ಆರಂಭವಾಗಬೇಕಾದರೆ ವಿಕಿರಣಪಟು ಧಾತುವಿನ ಮುದ್ದೆಯ ರಾಶಿ ಒಂದು ಕನಿಷ್ಠ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕಿಂತ ಜಾಸ್ತಿ ಇರಬೇಕು. ಈ ದೇಹಲಿಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ ಆ ಧಾತುವಿನ ಸಂಧಿಷ್ಠ ರಾಶಿ (ಕ್ರಿಟಿಕಲ್ ಮಾಸ್) ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಝೀಲಾರ್ಡ್ ತಮ್ಮ ಯೋಜನೆಯ ಏಕಸ್ವವನ್ನು (ಪೇಟೆಂಟ್) ಬ್ರಿಟಿಷ್ ನೌಕಾದಳಕ್ಕೆ ಒಪ್ಪಿಸಿದರು (1934). ಇದನ್ನು ಕಾರ್ಯರೂಪಕ್ಕೆ ತರುವಲ್ಲಿ 'ಕಡಲರಾಣಿ ಬ್ರಿಟನ್ನಿನ' ಮಹೋಜ್ಜ್ವಲ ರತ್ನವಾದ ನೌಕಾದಳ ಅಧಿಕಾಸಕ್ತಿ ವಹಿಸೀತೆಂಬುದು ಇವರ ನಿರೀಕ್ಷೆ. ಶತ್ರು ರಾಷ್ಟ್ರಗಳು ಉದ್ಯಮ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಗಿಟ್ಟಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವ ಮೊದಲೆ ಇಂಗ್ಲೆಂಡ್ ಈ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಮುನ್ನಡೆದಿರಲೇಬೇಕೆಂಬುದು ಇವರ ಹಂಬಲ. ಆದರೆ ನೌಕಾದಳ ಆಸಕ್ತಿ ತಳೆಯಲಿಲ್ಲ. ಕೆಂಪು ಪಟ್ಟಿ ಸುತ್ತಿದ ಕಡತದೊಳಗೆ ಝೀಲಾರ್ಡ್ ಯೋಜನೆ ಸುಖನಿದ್ರೆಯಲ್ಲಿತ್ತು.

ಇತ್ತ ಹ್ಯಾನ್ ಮತ್ತು ಸ್ಟ್ರಾಸ್‌ಮ್ಯಾನ್ ದುಷ್ಟ ಆಳರಸರ ಬೆಂಬಲಿಗರಾಗಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಈ ರಹಸ್ಯ ಝೀಲಾರ್ಡರಿಗಾಗಲಿ ಮಿತ್ರ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳ ಇತರ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗಾಗಲಿ ತಿಳಿಯಲಿಲ್ಲ.

ಇಂಗ್ಲೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷ ಭವಿಷ್ಯ ಕಾಣದ ಝೀಲಾರ್ಡ್, 1937ರಲ್ಲಿ, ಅಮೆರಿಕಕ್ಕೆ ವಲಸೆ ಹೋದರು. ದಿನದಿಂದ ದಿನಕ್ಕೆ ನಾಟ್ಸೀ ಜರ್ಮನಿ ಪ್ರಪಂಚ ಶಾಂತಿಗೆ ಪಿಡುಗಾಗುತ್ತಿದ್ದುದನ್ನು ಇವರು ತೀವ್ರ ವ್ಯಾಕುಲತೆಯಿಂದ ಗಮನಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಒಂದು ಕಡೆ ನಾಟ್ಸೀ ರಾಕ್ಷಸನ ರಕ್ತದಾಹ ಉಲ್ಬಣಿಸುತ್ತಿದೆ; ಪರಮಾಣುವಿದಳನ ರಹಸ್ಯ ಜರ್ಮನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಸಿದ್ಧಿಸಿದೆ. ಇನ್ನೊಂದು ಕಡೆ ಮಿತ್ರರಾಷ್ಟ್ರಗಳು ಬೋಳೆತನದಿಂದ ಕಣ್ಣು ಮುಚ್ಚಿಕೊಂಡಿದ್ದು ಪ್ರಪಂಚ ಯಥಾ ಪ್ರಕಾರ ಮುನ್ನಡೆಯುತ್ತದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿದ್ದಾರೆ; ಈ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮಾಮೂಲಿ ಸಂಪ್ರದಾಯದಂತೆ ತಮ್ಮ ಆವಿಷ್ಕಾರಗಳನ್ನು ಸಂಶೋಧನ ಪತ್ರಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಸಾರ್ವಜನಿಕವಾಗಿ ಪ್ರಕಟಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಇಂಥ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ ಜರ್ಮನಿ ಅತಿ ಜರೂರಾಗಿ ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬನ್ನು—ಈಗಾಗಲೇ ನಿರ್ಮಿಸಿರದಿದ್ದರೆ—ನಿರ್ಮಿಸುವುದು ಖಾತ್ರಿ, ಬತ್ತಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಆ ಮಹಾಸ್ತ್ರ ಧರಿಸಿದ ಹಿಟ್ಲರ್ ಪ್ರಪಂಚವನ್ನು ತನ್ನ ತೊತ್ತಾಗಿ ದುಡಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಶತಸ್ಸಿದ್ಧ ಎಂದು ಝೀಲಾರ್ಡ್ ನಂಬಿದರು.

ಹೀಗಾಗತಕ್ಕದ್ದಲ್ಲ. ಹಾಗಾದರೆ ಏನು ಮಾಡಬೇಕು? ಝೀಲಾರ್ಡ್ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಹಂಚಿಕೆಗಳನ್ನು ಹಮ್ಮಿಕೊಂಡರು : ಒಂದು, ಮಿತ್ರ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು, ಪ್ರಚಲಿತ ಸಂಪ್ರದಾಯಕ್ಕೆ ವ್ಯತಿರಿಕ್ತವಾಗಿ ಸದ್ಯದಲ್ಲಿ, ತಮ್ಮ ಆವಿಷ್ಕಾರಗಳನ್ನು ರಹಸ್ಯವಾಗಿ ಇಡತಕ್ಕದ್ದು ; ಎರಡು, ಅಮೆರಿಕ ರಾಷ್ಟ್ರ ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬ್ ನಿರ್ಮಾಣದ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವನ್ನು ಗಂಭೀರವಾಗಿಯೂ ಜರೂರಾಗಿಯೂ ಉಜ್ಜುಗಿಸತಕ್ಕದ್ದು.

ಮಿತ್ರರಾಷ್ಟ್ರಗಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಝೀಲಾರ್ಡ್ ಕಾಗದ ಬರೆದರು, ಹೊರಜಿ ಸಂದೇಶ ಕಳಿಸಿದರು, ಅವರನ್ನು ಮುಖತಃ ಭೇಟಿಯಾಗಿ ವಿಷಯದ ಗಭೀರತೆಯನ್ನು ಅವರ ಗಮನಕ್ಕೆ ತಂದು ಪರಮಾಣು ಸಂಶೋಧನಸಿದ್ಧಿಗಳನ್ನು ಬಹಿರಂಗ ಮಾಡದಂತೆ ತಡೆಯಲು ಉಪಕ್ರಮಿಸಿದರು.

ಇಷ್ಟಾಗುವಾಗ, ಜನವರಿ 1939, ರೋಸೆನ್‌ಫೆಲ್ಡ್ ಘೋಷಣೆ ಝೀಲಾರ್ಡ ರನ್ನು ನಡುಗಿಸಿತು. ‘ ಓ ನನ್ನರಸ! ನೋಡಲ್ಲಿ—ಅದು ಬರುತ್ತಿದೆ !’.

ಅಮೆರಿಕದಲ್ಲಿ ಗಟ್ಟಿ ನೆಲೆ ಊರಿರದಿದ್ದ ನಿರಾಶ್ರಿತ ಝೀಲಾರ್ಡ್. ಹಂಗಾಮಿ ಯಾಗಿ ಕೊಲಂಬಿಯಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ಪ್ರಯೋಗಮಂದಿರದಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗ ನಡೆಸಲು ಇವರಿಗೆ ಅನುಮತಿ ದೊರೆತಿತ್ತು, ಅಷ್ಟೆ. ಇವರ ವೈಜ್ಞಾನಿಕೋಪ ಕರಣಗಳು ಇನ್ನೂ ಇಂಗ್ಲೆಂಡಿನಿಂದ ಬಂದಿರಲಿಲ್ಲ. ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ವಿದಳನೆ, ಶೃಂಖಲಾಕ್ರಿಯೆ ಮುಂತಾದ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ತಥ್ಯವನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕೆಂಬ ಹಠದಿಂದ ಬದ್ಧರಾಗಿ, ಸ್ನೇಹಿತನೊಬ್ಬನ ಜಾಮೀನಿನ ಮೇರೆಗೆ, ಬ್ಯಾಂಕಿನಿಂದ 2000 ಡಾಲರುಗಳನ್ನು ಸಾಲ ಪಡೆದು ಒಂದು ಗ್ರಾಮ್ ರೇಡಿಯಮ್ಮನ್ನು ದೊರಕಿಸಿಕೊಂಡರು. ಇವರು ಮಾಡಿ ನೋಡಿದ ಪ್ರಯೋಗ ‘ ಅದು ಬಂದುದನ್ನು ’ ಸ್ಥಿರೀಕರಿಸಿತ್ತು.

ಆ ವೇಳೆಗೆ ಫರ್ಮೀ ಅದೇ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರಾಗಿದ್ದರು. ಅವರು ಕೂಡ ಇದೇ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉದ್ಯುಕ್ತರಾಗಿದ್ದುದರಿಂದ ಝೀಲಾರ್ಡ್ ಪಡೆದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳ ಪೂರ್ಣಾರ್ಥವನ್ನು ತತ್‌ಕ್ಷಣ ಗ್ರಹಿಸಿದರು. ಪರಮಾಣುಬಾಂಬ್ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ರಾಜಮಾರ್ಗ, ಮುಕ್ತಮಾರ್ಗ, ಸಿದ್ಧವಾಗಿದೆ ಎಂಬುದು ಇಬ್ಬರಿಗೂ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಯಿತು.

ಈಗ ತಾನೇನು ಮಾಡಬೇಕೆಂಬುದು ಹಿರಿ ಸವಾಲಾಗಿ ಝೀಲಾರ್ಡ್ ಮುಂದೆ ನಿಂತಿತು : ಏನಾದರೂ ಮಾಡಲೇಬೇಕು, ಬಾಂಬ್ ಪಂದ್ಯದಲ್ಲಿ ಹಿಟ್ಲರ್ ಗೆಲ್ಲದಂತಾಗಲೇ ಬೇಕು, ಪ್ರಪಂಚವಿನಾಶವನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಲೇಬೇಕು.

ನಾಳಿನ ಭೀಕರತೆಯನ್ನು ಇಂದೇ ಅಮೆರಿಕ ಸರ್ಕಾರದ ಗಮನಕ್ಕೆ ತರುವುದು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಕರ್ತವ್ಯವೆಂದು ಝೀಲಾರ್ಡ್ ಭಾವಿಸಿದರು. ಹಿಟ್ಲರನನ್ನು ಸದೆಬಡಿಯಲು ಅಮೆರಿಕ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಬಾಂಬಿನ ನಿರ್ಮಾಣವನ್ನು ಒಡನೆ

ಕೈಗೊಳ್ಳುವುದು ಅಗತ್ಯವಾಗಿತ್ತು. ಆದರೆ ಅಧ್ಯಕ್ಷ ರೂಸ್‌ವೆಲ್ಟರಿಗೆ ಸನ್ನಿವೇಶದ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ತಿಳಿಯಪಡಿಸುವುದು ಹೇಗೆ ?

ನೀಲ್ಸ್ ಬೋರರಂಥ ಮುಂಚೂಣಿ ವೃತ್ತಿನಿರತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಕೂಡ, ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ವಿದಳನದ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಅರಿತ ಮೇಲೆಯೂ, ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಬಾಂಬಿನ ವಾಸ್ತವ ನಿರ್ಮಾಣದ ಬಗ್ಗೆ ಭರವಸೆ ಉಳ್ಳವರಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಇನ್ನು ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ? ಇವರ ಆಸಕ್ತಕ್ಷೇತ್ರ ಬೇರೆ. ಹೀಗಾಗಿ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಚಲಿತ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಇವರ ಪ್ರಪಂಚವನ್ನು ಹೊಕ್ಕಿರಲಿಲ್ಲ.

ಝೀಲಾರ್ಡ್ ಮತ್ತು ಅವರ ಬೆಂಬಲಿಗರು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವ ತಮ್ಮ ಯೋಜನೆಗೆ ತೂಕ ಮತ್ತು ವರ್ಚಸ್ಸು ನೀಡುವುದೆಂದು ಸಕಾರಣವಾಗಿ ತರ್ಕಿಸಿದರು. ದಕ್ಷ ಸಂಘಟನಕಾರ ಝೀಲಾರ್ಡ್ ಮತಪ್ರಚಾರಕನ ನಿಷ್ಠೆಯಿಂದ ಒಡನೆ ಕಾರ್ಯೋದ್ಯುಕ್ತರಾದರು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರನ್ನು ಭೇಟಿಯಾಗಿ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯ ಗಭೀರತೆಯನ್ನು ವಿವರಿಸಿದರು. ಝೀಲಾರ್ಡ್ ಬರೆದಿರುವ ಟಿಪ್ಪಣಿ " ಯುರೇನಿಯಮ್ಮಿನಲ್ಲಿ ಶೃಂಖಲಾ ಕ್ರಿಯೆ ಸಂಭವಿಸಬಹುದಾದ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಯೋಚಿಸಿರಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಅದರ ಬಗ್ಗೆ ನಾನು ವಿವರಿಸಲು ತೊಡಗಿದ್ದೇ ತಡ ಭವಿಷ್ಯ ಪರಿಣಾಮಗಳು ಏನಾದಾವೆಂಬುದು ಅವರಿಗೆ ಮನವರಿಕೆ ಆದುವು. ನಮಗೆ ಬೆಂಬಲವೀಯಲು ತಾವು ಸಿದ್ಧರೆಂಬುದಾಗಿ ಆಶ್ವಾಸಿಸಿದರು."

1939 ಆಗಸ್ಟ್ 2ರಂದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಪರಮಾಣುಬಾಂಬ್ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕಾಗಿ ಪ್ರಾರ್ಥನಾಪತ್ರಕ್ಕೆ ರುಜುವಿಕ್ಕಿದರು. ಆಗ ಇವರು ಲಾಂಗ್ ಐಲೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ವಿಶ್ರಾಂತಿ ಪಡೆಯುತ್ತಿದ್ದರು.

ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್
ಓಲ್ಡ್ ಗ್ರೂವ್ ರೋಡ್
ಪೆಕೊನಿಕ್, ಲಾಂಗ್ ಐಲೆಂಡ್
ಆಗಸ್ಟ್ 2, 1939

ಎಫ್. ಡಿ. ರೂಸ್‌ವೆಲ್ಟ್
ಸಂಯುಕ್ತ ಸಂಸ್ಥಾನಗಳ ಅಧ್ಯಕ್ಷ
ಶ್ವೇತಭವನ

ಮಾನ್ಯರೆ

ಇ. ಫರ್ಮಿ ಮತ್ತು ಎಲ್. ಝೀಲಾರ್ಡ್ ಇವರ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಹಸ್ತಪ್ರತಿಯನ್ನು ನನಗೆ ಒಪ್ಪಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ ಸನ್ನಿಕಟ ಭವಿಷ್ಯದಲ್ಲೇ ಯುರೇನಿಯಮ್ ಧಾತುವನ್ನು ಶಕ್ತಿಯ ನೂತನ ಮತ್ತು ಪ್ರಮುಖ ಆಕರವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಿಸುವುದು ಕೈಗೂಡೀತೆಂದು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಈ ಸನ್ನಿವೇಶದ ಕೆಲವೊಂದು ಮುಖಗಳನ್ನು ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ಪರಿಶೀಲಿಸುವುದೂ, ಮತ್ತು ಅವಶ್ಯವೆಂದು

ತೋರಿದರೆ, ಈ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಆಡಳಿತ ವಿಭಾಗ ಒಡನೆ ಕಾರ್ಯೋನ್ಮುಖವಾಗುವುದೂ ಅಗತ್ಯವೆಂದು ಅನ್ನಿಸುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಮುಂದೆ ಕಾಣಿಸಿರುವ ವಾಸ್ತವಾಂಶಗಳನ್ನೂ ಶಿಫಾರಸುಗಳನ್ನೂ ನಿಮ್ಮ ಗಮನಕ್ಕೆ ತರುವುದು ಅಗತ್ಯವೆಂದು ಭಾವಿಸಿದ್ದೇನೆ.

ಯುರೇನಿಯಮ್ಮಿನ ಭಾರಿ ಒಂದು ರಾಶಿಯಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಪ್ರವರ್ತಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಬಹುದು ಮತ್ತು ಆ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಂದ ಭೂರಿ ಮೊತ್ತದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವೂ ರೇಡಿಯಮ್‌ಸದೃಶ ಧಾತುಗಳೂ ಸಂಜನಿಸಬಹುದು ಎಂಬ ಅಂಶ, ಕಳೆದ ನಾಲ್ಕು ತಿಂಗಳ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ, ಫ್ರಾನ್ಸಿನಲ್ಲಿ ಜೂಲಿಯೋ, ಅಂತೆಯೇ ಅಮೆರಿಕದಲ್ಲಿ ಫರ್ಮೀ ಮತ್ತು ಝೀಲಾರ್ಡ್ ಇವರುಗಳು ಮಾಡಿರುವ ಕಾರ್ಯದಿಂದ ಸಂಭಾವ್ಯವಾಗಿದೆ. ಸನ್ನಿಕಟ ಭವಿಷ್ಯದಲ್ಲಿ ಇದು ಸಿದ್ಧಿಸುವುದು ಖಾತ್ರಿ ಎಂದು ಈಗ ತಿಳಿದುಬರುತ್ತಿದೆ.

ಈ ಹೊಸ ವಿದ್ಯಮಾನ, ಬಾಂಬುಗಳ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ಕೂಡ ಕಾರಣವಾಗ ಬಹುದು ; ಮತ್ತು ಹೊಸ ಮಾದರಿಯ ಅತಿ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಯುತ ಬಾಂಬುಗಳು ಈ ತೆರನಾಗಿ ನಿರ್ಮಿಸಲ್ಪಡುವುದನ್ನು—ಖಾತ್ರಿ ಹೀಗೆಯೇ ಆದೀತೆಂದು ಹೇಳಲಾಗ ದಿದ್ದರೂ—ನಾವು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ದೋಣಿಯಲ್ಲಿ ಒಯ್ದು ರೇವಿನಿಂದ ಸ್ಫೋಟಿಸಬಹುದಾದ ಈ ಮಾದರಿಯ ಕೇವಲ ಒಂದು ಬಾಂಬ್ ಆಸುಪಾಸಿನ ಒಂದಿಷ್ಟು ಪ್ರದೇಶವನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡಂತೆ ಇಡೀ ರೇವನ್ನೇ ನಾಶಗೊಳಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ವಾಯುಸಾಗಣೆಗೆ ಇಂಥ ಬಾಂಬುಗಳು ಅತಿಭಾರದವೆನಿಸಬಹುದು.

ಅಮೆರಿಕ ಸಂಯುಕ್ತ ಸಂಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಳದರ್ಜೆಯ ಯುರೇನಿಯಮ್ ಅದುರು ಮಿತಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಲಭ್ಯವಿದೆ. ಕೆನಡದಲ್ಲಿಯೂ ಮೊದಲಿನ ಚೆಕೊಸ್ಲೋವಾಕಿಯಾದಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದಿಷ್ಟು ಒಳ್ಳೆಯ ಅದುರುಂಟು. ಬೆಲ್ಜಿಯನ್ ಕಾಂಗೋವೇ ಯುರೇನಿಯಮ್ಮಿನ ಅತಿ ಪ್ರಮುಖ ಆಕರ.

ಸನ್ನಿವೇಶವಿಂತಿರುವಾಗ ಆಡಳಿತ ವಿಭಾಗಕ್ಕೂ ಅಮೆರಿಕದಲ್ಲಿ ಶೃಂಖಲಾ ಕ್ರಿಯೆ ಮೇಲೆ ಕಾರ್ಯವೆಸಗುತ್ತಿರುವ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ತಂಡಕ್ಕೂ ನಡುವೆ ಒಂದು ವಿಧವಾದ ಶಾಶ್ವತ ಸಂಪರ್ಕ ಏರ್ಪಡಿಸುವುದರ ಬಗ್ಗೆ ನೀವು ಯೋಚಿಸಬಹುದೆಂದು ತೋರುತ್ತದೆ. ನಿಮ್ಮ ವಿಶ್ವಾಸಕ್ಕೆ ಪಾತ್ರನಾಗಿರುವ ಒಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿಗೆ ಈ ಹೊಣೆಯನ್ನು ವಹಿಸಿಕೊಡುವುದು ಇದನ್ನು ಸಾಧಿಸಬಹುದಾದ ಒಂದು ಮಾರ್ಗ. ಪ್ರಾಯಶಃ ಈತ ಖಾಸಗಿ ಅಧಿಕಾರಿಯಾಗಿ ವ್ಯವಹರಿಸಬೇಕಾದೀತು. ಈತನ ಹೊಣೆ ಈ ಮುಂದಿನವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರಬಹುದು.

1 ಸರ್ಕಾರದ ಇಲಾಖೆಗಳೊಡನೆ ಸಂಪರ್ಕವಿರಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು, ಮುಂದಿನ ಅಭಿವರ್ಧನೆಗಳನ್ನು ಕುರಿತ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಅವುಗಳಿಗೆ ಒದಗಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಸಂಯುಕ್ತ ಸಂಸ್ಥಾನಗಳು ಯುರೇನಿಯಮ್ ಅದುರಿನ ಸರಬರಾಜನ್ನು ಪಡೆಯುವ

ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಕುರಿತು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಲಕ್ಷ್ಯ ಹರಿಸಿ ಯುಕ್ತ ಕಾರ್ಯವೆಸಗಲು ಸರ್ಕಾರಕ್ಕೆ ಶಿಫಾರಸುಗಳನ್ನು ಒಪ್ಪಿಸುವುದು.

2 ಸದ್ಯದಲ್ಲಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಗಳ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯಗಳಿಗೆ ಮೀಸಲಿಟ್ಟಿರುವ ಮೊಬಲಗಿನ ಮಿತಿಯೊಳಗೆ ನಿರ್ವಹಿಸಲಾಗುತ್ತಿರುವ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಆವಶ್ಯವೆನ್ನಿಸಿದರೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಮೊಬಲಗನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತ ಮತ್ತು ಪ್ರಾಯಶಃ ಅಗತ್ಯ ಸಲಕರಣೆಗಳಿಂದ ಕೈಗಾರಿಕಾ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯಗಳ ಸಹಕಾರವನ್ನು ಕೂಡಿಸುತ್ತ, ತ್ವರೆಗೊಳಿಸುವುದು. ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ಕೊಡಬೇಕಾಗುವ ಮೊಬಲಗನ್ನು, ಇಂಥ ಕಾರ್ಯಗಳಿಗೆ ನೆರವು ನೀಡಲು ಸಿದ್ಧರಾಗಿರುವ ಖಾಸಗಿ ವ್ಯಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಈತ ಸಂದರ್ಶಿಸಿ ಪಡೆಯ ಬಹುದು. ಈಗ ತಾನು ವಶಪಡಿಸಿಕೊಂಡಿರುವ ಚೆಕೊಸ್ಲೋವಾಕಿಯಾದ ಗಣಿಗಳಿಂದ ಜರ್ಮನಿ ಯುರೇನಿಯಮ್ ವಿಕ್ರಯವನ್ನು ರದ್ದುಗೊಳಿಸಿದೆಯೆಂಬುದು ನನಗೆ ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ. ಜರ್ಮನ್ ಅಂಡರ್‌ಸೆಕ್ರೆಟರಿ ಆಫ್ ಸ್ಟೇಟ್ ಇವರ ಮಗ ಫಾನ್ ವೈಟ್‌ಸೇಕರ್ ಬರ್ಲಿನ್ನಿನ ಕೈಸರ್ ವಿಲ್‌ಹೆಲ್ಮ್ ಇನ್‌ಸ್ಟಿಟ್ಯೂಟಿಗೆ ಲಗತ್ತಾಗಿರುವುದರ ಮತ್ತು ಯುರೇನಿಯಮ್ಮಿನ ಮೇಲೆ ಅಮೆರಿಕ ನಡೆಸುತ್ತಿರುವ ಕೆಲವೊಂದು ಪ್ರಯೋಗ ಗಳು ಅಲ್ಲಿ ಪುನರಾವರ್ತಿಸಲಾಗುತ್ತಿರುವುದರ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಜರ್ಮನಿ ಇಷ್ಟೊಂದು ಕ್ಷಿಪ್ರವಾಗಿ ಕಾರ್ಯಪ್ರವೃತ್ತವಾಗಿರುವುದೇಕೆಂಬುದನ್ನು ಅರ್ಥವಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

ನಿಮ್ಮ ವಿಶ್ವಾಸಿ
ಎ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್

ಪತ್ರಲೇಖಕ ಸಾಕ್ಷಾತ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರೇ ಆಗಿದ್ದರೂ, ಇದು ಸರ್ಕಾರದ ನೀತಿ ಧೋರಣೆಗಳ ಮೇಲೆ ಗಹನ ಪರಿಣಾಮ ಬೀರಬಲ್ಲುದಾದ್ದರಿಂದ ಇದನ್ನು ಅಧ್ಯಕ್ಷರ 'ಕಿವಿಮೇಲೆ ಹತೋಟಿ ಇರುವ' ಮಿತ್ರನೊಬ್ಬ ಯೋಗ್ಯ ಮುಹೂರ್ತದಲ್ಲಿ ಅವರ ಗಮನಕ್ಕೆ ತರುವುದು ಅಗತ್ಯವಾಗಿತ್ತು. ಹೀಗೆ ಮಾಡದಿದ್ದರೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ರುಜು ನೋಡಿದ ಅಧ್ಯಕ್ಷರು, ಪ್ರಾಯಶಃ ಕೆಂಪು ಶಾಯಿಯಲ್ಲಿ "x ಇಲಾಖೆಯ ತುರ್ತು ಗಮನಕ್ಕೆ" ಎಂಬ ಷರಾ ಗೀಚಿ ಇಡೀ ವಿಷಯವನ್ನೇ ಮರೆತುಬಿಡುವ ಅಪಾಯವಿತ್ತು. ಅಲ್ಲದೇ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ಪತ್ರ ಕೆಲವೊಂದು ವಿಶಾಲ ತತ್ತ್ವಗಳನ್ನು ಉಲ್ಲೇಖಿಸಿತ್ತೇ ವಿನಾ ವಿವರಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರಲಿಲ್ಲ.

ಇವೆರಡು ಅಡಚಣೆಗಳನ್ನು ಅಡ್ಡಹಾಯಲು ಝೀಲಾರ್ಡ್ ಮತ್ತೆ ಕಾರ್ಯೋ ದ್ಯುಕ್ತರಾದರು. ಸುದೀರ್ಘ ವಿವರಣಾತ್ಮಕ ಪರಿಪತ್ರವನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಪತ್ರಕ್ಕೆ ಲಗತ್ತಿಸಿದರು. ಎರಡನೆಯ ಅಡಚಣೆ ಈ ತೆರನಾಗಿ ನಿವಾರಣೆಯಾಯಿತು. ಮೊದಲನೆಯದು ?

ಅಧ್ಯಕ್ಷರ 'ಕರ್ಣರಕ್ಷಕ' ಅಥವಾ 'ಕರ್ಣನ್ಯಾಸಧಾರಿ' ಅಲೆಕ್ಸಾಂಡರ್ ಸ್ಯಾಕ್ಸ್ ಎಂಬ ಅಂಶವನ್ನು ಇವರು 'ಸಂಶೋಧಿಸಿದರು'. ಇವರು ಸರ್ಕಾರದ ಅಧಿಕಾರಿ

ಅಲ್ಲ. ಆದರೆ ರೂಸ್‌ವೆಲ್ಟರ ಆಪ್ತ ಬಳಗದವರು. ಬ್ಯಾಂಕರ್ ಮತ್ತು ವಿದ್ವಾಂಸ ಆಗಿದ್ದ ಸ್ಯಾಕ್ಸ್ ಅಧ್ಯಕ್ಷರ ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಭಾವಶಾಲಿ ಖಾಸಗಿ ಸಲಹೆಗಾರರ ಪೈಕಿ ಒಬ್ಬರಾಗಿದ್ದರು.

ಇಷ್ಟೆಲ್ಲ ಸನ್ನಹಗಳಾಗುವ ವೇಳೆಗೆ 1939 ಸೆಪ್ಟೆಂಬರ್ 1 ಬಂದಿತ್ತು. ಹಿಟ್ಲರ್ ಪೋಲೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ ದಂಡು ಹಾಯಿಸಿ ಎರಡನೆಯ ಮಹಾಯುದ್ಧವನ್ನು ಸಾರಿಯೇ ಬಿಟ್ಟಿದ್ದ. ಬ್ರಿಟನ್ ಅದೇ 3ರಂದು ಹಿಟ್ಲರ್ ವಿರುದ್ಧ ಯುದ್ಧ ಘೋಷಿಸಿತು. ಪ್ರಪಂಚವಿಡೀ ಯುದ್ಧ ಕಂಪನದಿಂದ ತತ್ತರಿಸಿತು. ರೂಸ್‌ವೆಲ್ಟ್ ವಿರಾಮರಹಿತರಾಗಿ ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಹಾಗೂ ಅಂತಾರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಸಮಸ್ಯೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ವ್ಯವಹರಿಸಬೇಕಾಯಿತು.

ಸ್ಯಾಕ್ಸರಿಗೆ ಅನುಕೂಲ ಮುಹೂರ್ತ ಒದಗಿ ಬಂದದ್ದು ಅಕ್ಟೋಬರ್ 11ರಂದು. ಅಧ್ಯಕ್ಷರಿಗೆ ಅಂದು ಕೊಂಚ ವಿರಾಮವಿತ್ತು. ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯ ಗಹನತೆಯನ್ನು ರೂಸ್‌ವೆಲ್ಟರಿಗೆ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಮಂದಟ್ಟು ಮಾಡಲೋಸ್ಕರ ಸ್ಯಾಕ್ಸ್ ತಾವೇ ದಾಖಲೆಗಳನ್ನು ಓದಿ ಹೇಳತೊಡಗಿದರು : ಮೊದಲು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಪತ್ರ, ಬಳಿಕ ಝಿಲಾರ್ಡ್ ಪರಿಪತ್ರ, ಕೊನೆಗೆ ಸ್ವಂತ ಸುದೀರ್ಘ ವಿವರಣೆ. ಈ ಅವ್ಯಾಹತ ವಾಗ್ಝರಿಯನ್ನು ಅಧ್ಯಕ್ಷರು ಉತ್ಸಾಹದಿಂದ ಸ್ವೀಕರಿಸಲಿಲ್ಲ. ಅವರಿಗೆ ಬಿಡಿಚಲು ಬಡಿದದ್ದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿತ್ತು. "ವಿಷಯ ತುಂಬ ಕುತೂಹಲಕಾರಿಯಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ಸರ್ಕಾರ ಹಸ್ತಕ್ಷೇಪ ಮಾಡಲು ಕಾಲವಿನ್ನೂ ಪಕ್ವವಾಗಿಲ್ಲ" ಎಂದು ಹೇಳಿ ಅವರೆದ್ದರು.

ಬರೆಯಂಚಿನಿಂದ ದರೆಗೆ ಕೆಡೆದಂತಾದರು ಸ್ಯಾಕ್ಸ್. ಅಧ್ಯಕ್ಷರೊಡನೆ ಇವರು ಕೂಡ ಏಳಬೇಕಾಯಿತು. ಆದರೆ ಮುಂದಿನ ದಿನದ ನಾಷ್ಟಾಕ್ಕೆ ಕರೆ ಗಿಟ್ಟಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಮೊದಲು ಅಲ್ಲಿಂದ ಕಂಬಿ ಕೀಳಲಿಲ್ಲ.

ಮರುಮುಂಜಾನೆ ಅಧ್ಯಕ್ಷರನ್ನು ಪಳಗಿಸಿ ಒಲಿಸುವುದು ಹೇಗೆ? ಸಮಸ್ಯೆಯ ತೀವ್ರತೆ ಅವರಿಗೆ ತಟ್ಟುವಂತೆ ವಿವರಿಸುವುದು ಹೇಗೆ? ಸ್ಯಾಕ್ಸ್ ರಾತ್ರಿ ಇಡೀ ಚಿಂತಿಸಿದರು. ಹೂದೋಟದಲ್ಲಿ ಶತಪಥ ಅಡ್ಡಾಡಿದರು. ಅರಿಲುಗಳ ಅಡಿಯಲ್ಲಿ ಕಲ್ಲುಬೆಂಚಿನ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತು ಮಾನವ ಜನಾಂಗದ ಭವಿಷ್ಯದ ಬಗ್ಗೆ ಗಾಢ ಯೋಚನೆ ಮಾಡಿದರು. ಹಠಾತ್ತಾಗಿ ಸ್ಫೂರ್ತಿ ಉಕ್ಕಿತು. ಹೊಸ ಹಾದಿ ಹೊಳೆಯಿತು. ಹಗುರಾದ ಒಡಲಿನಿಂದ ಮೇಲೆದ್ದರು.

ಚಿಂತಾಕ್ರಾಂತ ರೂಸ್‌ವೆಲ್ಟ್ ಉಪಾಹಾರ ಮೇಜದ ಎದುರು ಒಬ್ಬಂಟಿಗರಾಗಿ ಕುಳಿತಿದ್ದಾರೆ. ಅವರಿಗೆ ಸುಪ್ರಭಾತವನ್ನು ಕೋರುತ್ತ ಸ್ಯಾಕ್ಸ್ ಒಳಪ್ರವೇಶಿಸಿದ್ದಾರೆ.

ಅಧ್ಯಕ್ಷ "ಈ ಶುಭ ಪ್ರಾತಃಕಾಲ ಹೊಸ ಉಜ್ಜ್ವಲ ಭಾವನೆ ಏನನ್ನು ಹೊತ್ತು ತಂದಿದ್ದೀರಿ? ಅದನ್ನು ಮಂಡಿಸಿ ವಿವರಿಸಲು ಕಾಲಾವಕಾಶವೆಷ್ಟುಬೇಕಾದೀತು?" ನುಡಿಯ ಕೊಂಕು ಸ್ಯಾಕ್ಸರನ್ನು ತಿವಿಯದಿರಲಿಲ್ಲ.

ಸ್ಯಾಕ್ಸ್ "ನಾನೇನೂ ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ನಿಮ

ಗೊಂದು ಕತೆ ಹೇಳಬೇಕೆಂಬುದು ನನ್ನಾಸೆ. ಚಕ್ರವರ್ತಿ ನೆಪೋಲಿಯನ್ [1769-1821] ಹೂಡಿದ ಹಿರಿಕಾಳಿಗದ ದಿನಗಳು. ಅಮೆರಿಕದ ಉಪಜ್ಞೆಕಾರ ಮತ್ತು ಎಂಜಿನಿಯರ್ ರಾಬರ್ಟ್ ಫಲ್ಟನ್ [1765-1815], ಚಕ್ರವರ್ತಿ ಮಹಾಶಯನ ಭೇಟಿ ಕೋರಿ ಪಡೆದ. ತಾನು ಚಕ್ರವರ್ತಿಗೆ ಉಗಿಹಡಗುಪಡೆಯೊಂದನ್ನು ಕಟ್ಟಿಕೊಡುವುದಾಗಿಯೂ ಅದರ ನೆರವಿನಿಂದ ನೆಪೋಲಿಯನ್ ಎಂಥ ಪ್ರತಿಕೂಲ ಹವೆಯಲ್ಲಿ ಕೂಡ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಸಮುದ್ರಯಾನ ಮಾಡಿ ಇಂಗ್ಲೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಲಂಗರು ಹೂಡಬಹುದೆಂಬುದಾಗಿಯೂ ನಿವೇದಿಸಿದ. ಹಾಯಿಪಟಗಳಿಲ್ಲದ ಹಡಗುಗಳು? ಎಲ್ಲಾದರೂ ಉಂಟೇ, ಚಾಣಾಕ್ಷ ಮಹಾಪ್ರಭುವಿಗೆ ಇದೊಂದು ಹುಚ್ಚು ಯೋಜನೆಯೆಂಬುದು ಖಚಿತವಾಗಿತ್ತು. ಫಲ್ಟನ್ನನನ್ನು ಪುರಸ್ಕರಿಸದೆ ಹಿಂದೆ ಕಳಿಸಿದ. ವಿರೋಧಿಯ ಅದೂರದರ್ಶಿತ್ವ ಹೇಗೆ ಇಂಗ್ಲೆಂಡನ್ನು ಕಾಪಾಡಿತು ಎನ್ನುವುದಕ್ಕೆ ಇದೊಂದು ನಿದರ್ಶನವೆಂದು ಇಂಗ್ಲೆಂಡಿನ ಇತಿಹಾಸಕಾರ ಲಾರ್ಡ್ ಆ್ಯಕ್ಟನ್ [1834-1902] ಅಭಿಪ್ರಾಯಪಟ್ಟಿದ್ದಾರೆ. ಅಂದು ನೆಪೋಲಿಯನ್ ಏನಾದರೂ ಅಧಿಕ ಕಲ್ಪನಾ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನೂ ವಿನಯ ಸೌಜನ್ಯವನ್ನೂ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿದುದಾಗಿದ್ದರೆ ಹತ್ತೊಂಬತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಚರಿತ್ರೆ ಪೂರ್ತಿ ಭಿನ್ನಮಾರ್ಗಗಾಮಿಯಾಗಿರುತ್ತಿತ್ತು."

ಸ್ಯಾಕ್ಸರ ವಾದವೈಖರಿ ಲಗಾಯಿಸಿದ ಚಬುಕಿನ ಚುರುಕು ರೂಸ್‌ವೆಲ್ಟರನ್ನು ಒಡನೆ ಕುಟುಕಿತು. ಕೆಲವು ಕ್ಷಣ ನೀರವ ನಿಸ್ಪಂದ. ಚೂರು ಕಾಗದವೆತ್ತಿಕೊಂಡರು. ಅದರ ಮೇಲೇನೋ ಗೀಚಿ ಆಳಿನ ಕೈಗಿತ್ತರು. ಆತ ಒಡನೆ ಹೊರನಡೆದ. ಭಯಭಕ್ತಿ ಸಹಿತ ಭಾರೀ ಒಂದು ಭಾಂಗಿ ಹೊತ್ತು ತಂದ. ಸಾವಕಾಶವಾಗಿಯೂ ಮೃದುವಾಗಿಯೂ ಅದನ್ನು ಬಿಚ್ಚತೊಡಗಿದ. ಅದರೊಳಗೇನಿತ್ತು? ಅನಾದಿ ಕಾಲದ ಅಮೂಲ್ಯ ಅಮೃತ; ನೆಪೋಲಿಯನ್‌ಯುಗದ ಶೀತಲ ಫ್ರೆಂಚ್ ಬ್ರ್ಯಾಂಡಿ. (ಹಳೆಯ ಬ್ರ್ಯಾಂಡಿಗೆ ಅಧಿಕ 'ಕಿಕ್ಕು'.) ಅಧ್ಯಕ್ಷರ ಕೈಕರಣ ಸೂಚನೆ. ಆಳು ಎರಡು ಚಷಕ ಭರ್ತಿ ಮಾಡಿದ. ಇತಿಹಾಸನಿರ್ಮಾಪಕ ಪುರುಷರು ಬಟ್ಟಲುಗಳನ್ನೆತ್ತಿದರು, ಕರ ಚಾಚಿದರು, ಕ್ಲಿಕ್ಕಿಸಿದರು, ಉತ್ಸಾಹದಾಯಕ ಮಾರ್ಗದರ್ಶಕ ಅಮೃತಪಾನೋದ್ಯುಕ್ತರಾದರು.

ಅಧ್ಯಕ್ಷರೇ ಮೌನ ಮುರಿದರು "ಅಲೆಕ್ಸ್! ನಾಟ್ಸಿಗಳು ನಮ್ಮನ್ನು ಸರ್ವನಾಶಗೊಳಿಸತಕ್ಕದ್ದಲ್ಲವೆಂಬು ತಾನೇ ನಿಮ್ಮ ಚಿಂತೆ?"

"ಅದೇ."

ಅಧ್ಯಕ್ಷರು ತಮ್ಮ ಸೇನಾಸಲಹೆಗಾರ ಜನರಲ್ ಪಾ ವಾಟ್ಸನ್‌ಅವರನ್ನು ಬುಲಾಯಿಸಿದರು. ಜನರಲ್ ಬಂದರು. ಲಕ್ಷ್ಮನೆ ನಿಂತರು. ಮಿಂಚು ಸೀಳಿದಂತೆ ಸಲಾಮು ಅರ್ಪಿಸಿದರು. ಅಪ್ಪಣೆ ಕಾದರು.

ಅಧ್ಯಕ್ಷ "ಪಾ! ಇದು ಕ್ರಿಯೆ ಬೇಡುತ್ತದೆ."

ಇದು = ಸ್ಯಾಕ್ಸ್ ಒಪ್ಪಿಸಿದ್ದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಪತ್ರವನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡಿದ್ದ ದಾಖಲೆಗಳು.

ಪರಮಾಣುಬಾಂಬ್ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ಅಸ್ತು ಮುದ್ರೆ ಒತ್ತಿದ ಬೀಜಮಂತ್ರ— ಪಾ! ಇದು ಕ್ರಿಯೆ ಬೇಡುತ್ತದೆ.

ಕುಡಿದವನ ನಾಲಗೆಯ ತುದಿಯಲಿ ಸರಸತಿ
ನಲಿವಳು; ಮಾತಿಸಲಿ ವೇದಾಂತ ತುಂಬಿ
ತುಳುಕುವುದು.
ಬ್ರಹ್ಮನ ಬಾಯಿಂದ ವೇದಗಳು ಹೊರಬಿದ್ದುದು
ಆತ ಕುಡಿದಾಗ ಇರಬೇಕಲ್ಲವೆ, ಮಹಾಪ್ರಭು!

ಎನ್. ಪ್ರಹ್ಲಾದರಾವ್

ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬ್ ಪತ್ರಕ್ಕೆ ರುಜುವಿಕ್ಕಿದ ತರುವಾಯ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ತೀವ್ರ, ಪಶ್ಚಾತ್ತಾಪದಗ್ಧರಾದರು. ಅಮೆರಿಕ ಸರ್ಕಾರ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ವಿದಳನ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಯುದ್ಧಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾರದೆಂದೂ ಬಳಸಬಾರದೆಂದೂ ಬಹುವಾಗಿ ಆಶಿಸಿದರು. ಬಳಸಲೇ ಬೇಕಾಗಿಬಂದರೆ ಅದು ಕೇವಲ ಆತ್ಮರಕ್ಷಕ ಗುರಾಣಿಯಾಗಿಯೇ ಹೊರತು ಶತ್ರು ಸಂಹಾರಕ ಅಸ್ತ್ರವಾಗಿ ಅಲ್ಲವೆಂದು ಅಪೇಕ್ಷಿಸಿದರು. ಆದರೆ ಆದರ್ಶವಾದಿಗಳ ಹಗಲುಗನಸುಗಳಿಗೆ ರಾಜಕಾರಣಿಗಳ ನಿಘಂಟಿನಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾನವೇ ಇಲ್ಲ. ಇತಿಹಾಸ ಹಿಡಿದ ಜಾಡು ಬೇರೆಯೇ ಆಗಿತ್ತು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಮುಂದೇನು ಮಾಡಬಹುದಾಗಿತ್ತು? ಪರಮಾಣುಬಾಂಬ್ ನಿರ್ಮಾಣಯೋಜನೆಯನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ ಪೂರ್ಣ ಅಸಹಕಾರ ಪ್ರದರ್ಶನ; ಮತ್ತು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಯುದ್ಧಾಚರಣೆಗಳಿಗೆ ಬೆಂಬಲ ನೀಡುವುದರ ಮೂಲಕ ಆದಷ್ಟು ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ಶಾಂತಿಸ್ಥಾಪನೆಗೆ ಪ್ರಯತ್ನ. ಬಾಂಬ್ ಯೋಜನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಮಿತಿಗಳಿಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಹೋಗಲಿಲ್ಲ. ಅವುಗಳಿಗೆ ತಮ್ಮ ಹೆಸರನ್ನು ನೀಡಲು ನಿರಾಕರಿಸಿದರು.

ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಯುದ್ಧ ಬೇಗನೆ ಮುಗಿದುದಾದರೆ ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬಿನ ತಯಾರಿಕೆ ಸ್ಥಗಿತಗೊಂಡೀತು; ಅಥವಾ ಕನಿಷ್ಠ ಪಕ್ಷ ಬಾಂಬಿನ ಪ್ರಯೋಗವಾದರೂ ಅನಾವಶ್ಯಕವಾದೀತು. ಆದ್ದರಿಂದ ಮಾನವಜನಾಂಗ ಅಜ್ಞಾತ ಭೀಕರತೆಯ ಹಠಾತ್ ತಾಡನೆಯಿಂದ ಪಾರಾದೀತು ಎಂಬುದಾಗಿ ಭಾವಿಸಿದರು. ಈ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಇವರು ನೌಕಾಪಡೆಗೆ ಗೌರವ ಸಲಹೆಗಾರರಾಗಿ ಸೇವೆ ಸಲ್ಲಿಸಿದ್ದುಂಟು.

ಯುದ್ಧ ನಿಧಿಸಂಗ್ರಹಕ್ಕೋಸ್ಕರ ನವಂಬರ್ 1943ರಲ್ಲಿ ಒಂದು ರ‍್ಯಾಲಿಯನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಸಂಘಟನಕಾರರು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರನ್ನು ಇವರ ಎರಡು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಂಶೋಧನ ಪ್ರಬಂಧಗಳ ಹಸ್ತಪ್ರತಿಗಳನ್ನು ತಮಗೆ ದಾನವೀಯಬೇಕೆಂದು ಪ್ರಾರ್ಥಿಸಿದರು. ಇವನ್ನು ಹರಾಜಿಸಿ ನಿಧಿಗೆ ಹಣ ಕೂಡಿಸುವುದು ಅವರ ಹಂಚಿಕೆ.

ಅವರು ಯಾಚಿಸಿದ ಮೊದಲ ಹಸ್ತಪ್ರತಿ 1905ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟವಾದ ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಕುರಿತುದಾಗಿತ್ತು. 1905ರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಬರ್ನ್ ನಗರದಲ್ಲಿದ್ದರೂ ಆ ಪ್ರಬಂಧ ಮುದ್ರಣವಾದ ಬಳಿಕ ಹಸ್ತಪ್ರತಿಯನ್ನು ಎಸೆದುಬಿಟ್ಟಿದ್ದರು. ಈಗೇನು ಮಾಡುವುದು? ಚಿಂತೆ ಇಲ್ಲ. ಸ್ವಹಸ್ತದಿಂದ ತಾವು ಅದೇ ಪ್ರಬಂಧದ ನಕಲು ತಯಾರಿಸಿ ಕೊಡುವುದಾಗಿ ಆಶ್ವಾಸಿಸಿದರು. ಸರಿ, ನಕಲುಯಂತ್ರ (ನಕಲಿಯಂತ್ರ ಅಲ್ಲ) ಚಾಲೂ ಆಯಿತು: ಕಾರ್ಯದರ್ಶಿ ಮುದ್ರಿತ ಪ್ರಬಂಧವನ್ನು ಓದಿ ಹೇಳುವುದು, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಲೆಕ್ಕಣಿ ಹಿಡಿದು ಅದನ್ನು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯ ವಿಧೇಯತೆಯಿಂದ ಬರೆಯುವುದು.

ಯಾವುದೋ ಒಂದು ಘಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸ್ವಲ್ಪ ಚಕಿತರಾಗಿ ಬರವಣಿಗೆ ನಿಲ್ಲಿಸಿ ಮೇಲೆ ನೋಡಿದರು "ನಾನು ಹಾಗೆ ಹೇಳಿದ್ದೇನೆಯೇ?"

"ಹೌದು ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಇಲ್ಲಿ ಹಾಗೆಯೇ ಇದೆ."

"ಛೇ! ನಾನದನ್ನು ಇನ್ನಷ್ಟು ಸರಳವಾಗಿ ಹೇಳಬಹುದಿತ್ತು."

1944 ಫೆಬ್ರುವರಿ 3ರಂದು ಈ ಹಸ್ತಪ್ರತಿಯನ್ನು ಕಾನ್ಸಾಸ್ ನಗರದಲ್ಲಿ ಲಿಲಾವು ಹಾಕಿದರು. ದೊರೆತ ಮೊಬಲಗು ಅರುವತ್ತು ಲಕ್ಷ ಡಾಲರುಗಳು. ಪ್ರಕಟಣೆಯ ಹಂತದಲ್ಲಿದ್ದ ಒಂದು ಪ್ರಬಂಧದ ಹಸ್ತಪ್ರತಿಯನ್ನು ಏಲಂ ಮಾಡಿದಾಗ ಅದು ಐವತ್ತೈದು ಲಕ್ಷ ಡಾಲರುಗಳನ್ನು ಸಂಪಾದಿಸಿಕೊಟ್ಟಿತು.

ಜರ್ಮನ್ ಯಮರಾಯನ ಮಹಿಷಸಂಚಾರಕ್ಕೆ ಇಂಥ ಯಾವ ಚಟುವಟಿಕೆಯೂ ವಿಘ್ನ ಒಡ್ಡಲಿಲ್ಲ. ಆಹವಾಗ್ನಿ ಸರ್ವಗ್ರಾಹಿಯಾಗಿ ವ್ಯಾಪಿಸುತ್ತಲೇ ಇತ್ತು. ಇತ್ತ 'ಪಾ! ಇದು ಕ್ರಿಯೆ ಬೇಡುತ್ತದೆ' ಮಂದಗತಿಯಿಂದ, ಆದರೆ ಖಚಿತವಾಗಿ, ಕ್ರಿಯೆ ಎಸಗುತ್ತಿತ್ತು. ಟಂಕಸಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಎರಕ ಹುಯ್ದಾಗಿತ್ತು, ಠಸ್ಸೆ ಒತ್ತಲಾಗಿತ್ತು, ನಾಣ್ಯ ಚಲಾವಣೆಗೆ ಹೊರಡಲು ತಯಾರಾಗುತ್ತಿತ್ತು. ಸುರುಸುರು ಬತ್ತಿಯ ತೆರೆ ಕೊನೆಗೆ ಕಿಡಿ ಮುಟ್ಟಿಸಿ ಆಗಿತ್ತು. ಮುಂದೆ ನಡೆದದ್ದು ಸರ್ವವಿದಿತ. ಸಂಕ್ಷೇಪವಾಗಿ—

* ಪರಮಾಣುಬಾಂಬಿನ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ಅಮೆರಿಕ ಸರ್ಕಾರದ ಅಧಿಕೃತ ಒಪ್ಪಿಗೆ (6–8–1941)

* ಪರಮಾಣುಬಾಂಬ್ ನಿರ್ಮಾಣದ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ರೂಪಿಸಲು ಸಮರ್ಥ ಮತ್ತು ವಿಶ್ವಾಸಾರ್ಹ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಹಾಗೂ ಆಡಳಿತಗಾರರ ಶೋಧನೆ

* D. S. M. (Development of Substitute Materials) ಎಂಬ ಸಾಂಕೇತಿಕ ನಾಮ ಹೊತ್ತ ಮನಹಟ್ಟನ್ ಯೋಜನೆಯ ಸ್ಥಾಪನೆ (13–8–1942)

* ಶೃಂಖಲಾಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಬಾಂಬಿನ ಯಶಸ್ಸು—ಮಾನವ ಪ್ರಜ್ವಾಲಿಸಿದ ಪ್ರಥಮ ಪರಮಾಣವಿಕಾಗ್ನಿ (2–12–1942)

* ನ್ಯೂಮೆಕ್ಸಿಕೊದ ನಿರ್ಜನ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಪ್ರಥಮ ಪರಮಾಣುಬಾಂಬಿನ ಯಶಸ್ವೀ ಸ್ಫೋಟನೆ ಮತ್ತು ಅಣಬೆರೂಪದ ವಿಕಿರಣಪಟು ಮೇಘದ ಉತ್ಪಾದನೆ (ನಾಗರಿಕತೆಗೆ ತೊಡಿಸಿದ ಶವವಸ್ತ್ರ?) (16–7–1945).

ಎಂದಿನಂತೆ ಅಂದು ಕೂಡ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಮಲಗುಕೊಠಡಿಯಿಂದ ಸಂಜೆ ಚಹಾ ಸೇವನೆಗಾಗಿ ಪಾವಟಿಗೆ ಇಳಿದು ಕೆಳಗೆ ಬಂದರು; ಕಾರ್ಯದರ್ಶಿ ತತ್ಪೂರ್ವ ಆಲಿಸಿದ್ದ ರೇಡಿಯೊದುವಾರ್ತೆಯನ್ನು ಇವರಿಗೆ ಅರುಹಿದರು : ಜಪಾನಿನ ಹಿರೊಶಿಮಾದ ಮೇಲೆ ಪರಮಾಣುಬಾಂಬಿನ ತಾಡನೆ....ಇದನ್ನು ಕೇಳಿ ತೀವ್ರಾಘಾತಕ್ಕೆ ತುತ್ತಾದ ಈ ಶಾಂತಿ ದೂತ ಕೋಮಲಹೃದಯಿ ಬುದ್ಧ ಉದ್ಗರಿಸಿದ್ದು ಕೇವಲ ಎರಡೇ ಪದಗಳನ್ನು "Oh weh!" (ಅಯ್ಯೋ ೯....)—ಮಾನವಾಂತಃಕರಣದ ಕರುಣಾಕ್ರಂದನ ವವಾಗಿತ್ತು (6–೮–1945). 'ದಿವಿಸೂರ್ಯ ಸಹಸ್ರಸ್ಯ' (Brighter than a thousand suns) ವಾಸ್ತವ ಘಟನೆ ಆಗಿತ್ತು.

(ಅಧ್ಯಕ್ಷ ಫ್ರ್ಯಾಂಕ್ಲಿನ್ ರೂಸ್‌ವೆಲ್ಟ್ 12–4–1945ರಂದು ನಿಧನರಾದರು. ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಕ್ಷ ಹ್ಯಾರಿ ಟ್ರೂಮನ್ ಪರಮಾಣುಬಾಂಬ್ ತಾಡನೆಯನ್ನು ಆದೇಶಿಸಿದರು. 1945 ಆಗಸ್ಟ್ 6ರಂದು ಹಿರೊಶಿಮಾ ಮತ್ತು 9ರಂದು ನಾಗಸಾಕಿ ಪರಮಾಣವಿಕಾಗ್ನಿಗೆ ಆಹುತಿಯಾದುವು. ಜಪಾನ್ ಒಡನೆ ಬಾಲಮುದುಡಿ ಬೇಷರತ್ತಾಗಿ ಶರಣು ಯಾಚಿಸಿತು—14–8–1945. ಆ ಮೊದಲೇ ಜರ್ಮನಿ ಶರಣಾಗಿದ್ದುದರಿಂದ, 7–5–1945, ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಬಾಂಬುಗಳ ಅಗ್ನಿವರ್ಷದಿಂದ ತೊಡಗಿದ ಎರಡನೆಯ ಮಹಾಯುದ್ಧ ಪರಮಾಣವಿಕಾಗ್ನಿಯ ಪೂರ್ಣಾಹುತಿಯಿಂದ ಕೊನೆಗೊಂಡಂತಾಯಿತು.)

ಪರಮಾಣುಬಾಂಬ್ ನಿರ್ಮಾಣಪ್ರಕರಣದಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಪಾತ್ರವೇನು? ನೈತಿಕಾಪರಾಧದಿಂದ ಅವರು ಮುಕ್ತರಾಗಲಾರರೆಂದು ವಾದಿಸುವವರ ಧಾಟಿ ಇದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್—

$E = mc^2$ ಶಕ್ತಿ-ರಾಶಿ ಸಮಾನತಾ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸದೆ ಇದ್ದಿದ್ದರೆ
ತಮ್ಮ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಹೊಸ ತಿರುವು ಕೊಡದೆ ಇದ್ದಿದ್ದರೆ
ಅಧ್ಯಕ್ಷ ರೂಸ್‌ವೆಲ್ಟರಿಗೆ ಆ ಇತಿಹಾಸಪ್ರವರ್ತಕ ಪತ್ರ ಬರೆಯದೆ ಇದ್ದಿದ್ದರೆ

— ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬ್ ಅಸಾಧ್ಯವಾಗಿರುತ್ತಿತ್ತು. ಮತ್ತು ಹಿರೊಶಿಮಾ–ನಾಗಸಾಕಿ ಭೀಕರ ಜನಹತ್ಯೆ ಸಂಭವಿಸುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ.

ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ, ಇದು ಮೊಂಡುವಾದ. ಇದೇ ಧಾಟಿಯಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಹಿಂದೆ ಹೋಗಿ "ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಹುಟ್ಟದೆ ಇದ್ದಿದ್ದರೆ, ನ್ಯೂಟನ್ ಜನಿಸದೆ ಇದ್ದಿದ್ದರೆ, ಮಾನವಪೀಳಿಗೆ ವಿಕಸಿಸದೆ ಇದ್ದಿದ್ದರೆ ...." ಎಂಬ ಶೂನ್ಯವಾದವನ್ನು ಮಂಡಿಸುವುದು ಕಷ್ಟವಲ್ಲ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವದ ಆಶೋತ್ತರ, ಜನಹಿತ ಕಾಳಜಿ, ಅಂತಾರಾಷ್ಟ್ರೀಯತೆ,

ಮೂಲತತ್ತ್ವಗಳ ಬಗ್ಗೆ ನಿಲುಮೆ ಮುಂತಾದ ಮುಖಗಳ ಪರಿಚಯವಿರುವವರು ಯಾರೂ ಈ ತೆರನಾಗಿ ಯೋಚನೆ ಮಾಡಲಾರರು.

ಪುಟ್ಟ ನಾಡು ಜರ್ಮನಿ. ಉಗ್ರರಾಷ್ಟ್ರೀಯತೆಯ ಅಮಲಿನಿಂದಾಗಿ (ನಂಜಿನಿಂದಾಗಿ) ವಾಸ್ತವತೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಕುರುಡಾಯಿತು. ಪ್ರಪಂಚ ಸಾರ್ವಭೌಮತ್ವ ಗಳಿಸಲು ಸೇನಾಚರಣೆಗಳಿಗೆ ಶರಣುಹೋಯಿತು. ಭೀಕರ ನರಮೇಧವನ್ನು ಉಜ್ಜುಗಿಸಿತು. ತುರ್ಪು ಅಸ್ತ್ರವಾಗಿ ಜರ್ಮನಿ ಬೇಗನೆ ಪರಮಾಣುಬಾಂಬನ್ನು ಹೊಂದಲಿರುವುದು ಅಸಂಭಾವ್ಯವಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಇಂಥ ಜರ್ಮನಿಯ ಎದುರು ಪ್ರಪಂಚದ ಇತರ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳು, ತತ್ರಾಪಿ ಅಮೆರಿಕ, ತಳೆಯಬೇಕಾಗಿದ್ದ ನಿಲವೇನು ? ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳೂ ರಾಜಕಾರಣಿಗಳೂ ಶಾಂತಿಪ್ರಿಯರೂ ಅನುಸರಿಸಬೇಕಾದ ಪಥವೇನು ? ಶಾಠ್ಯಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಶಾಠ್ಯ, ಸರ್ಪಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಗರುಡಾಸ್ತ್ರ, ಪರಮಾಣುಬಾಂಬಿಗೆ ಅತಿಪರಮಾಣುಬಾಂಬ್ —ಈ ಆಕ್ರಮಣಶೀಲ ಧೋರಣೆಯೊಂದೇ ಶರಣು.

"ನಿಜಕ್ಕೂ ನಾನು ಟಪ್ಪಾಲುಪೆಟ್ಟಿಗೆಯಂತೆ ವರ್ತಿಸಿದ್ದು ಮಾತ್ರ. ಪೂರ್ತಿ ಗೊಳಿಸಲಾಗಿದ್ದ ಪತ್ರವನ್ನು ಅವರು ತಂದರು. ನಾನದಕ್ಕೆ ಸುಮ್ಮನೆ ರುಜುವಿಕ್ಕಿದೆ." ಎರಡನೆಯ ಮಹಾಯುದ್ಧಾನಂತರ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಈ ಮಾತುಗಳಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ನೋವನ್ನು ತೋಡಿಕೊಂಡರು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸದಾ ಕರ್ತವ್ಯಶಾಲಿ. ಭೂತಕಾಲದ ಬಗ್ಗೆ ಕಳವಳಿಸುತ್ತ ವರ್ತಮಾನಕಾಲವನ್ನು ನಿರಾಶಾಮಯವಾಗಿಸುತ್ತ ಭವಿಷ್ಯಕಾಲದ ಬಗ್ಗೆ ಉದ್ವಿಗ್ನ ರಾಗುವ ವ್ಯಕ್ತಿ ಅಲ್ಲ. ಭೂತದಿಂದ ಅನುಭವದ ಸಾರ ಹೀರಿ ವರ್ತಮಾನದಲ್ಲಿ ತೀವ್ರವಾಗಿ ಬಾಳಿ ಭವಿಷ್ಯಕ್ಕೆ ಟಿಸಿಲು ಚಾಚುವ ಅಶ್ವತ್ಥವೃಕ್ಷ ಇವರು.

ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಶಕ್ತಿ ಮಾನವವಶವಾಗಿದೆ. ಅದರ ಸರ್ವನಾಶಾತ್ಮಕ ಸಾಧ್ಯತೆಯೂ ಪ್ರಕಟವಾಗಿದೆ. ಹಾಗಾದರೆ ಮುಂದೇನು ?

"ಪರಮಾಣು ಯುದ್ಧ ಅಥವಾ ಶಾಂತಿ" ಎಂಬ ವಿಷಯದ ಮೇಲೆ ಇವರು 1945ರಲ್ಲಿ, ಮುಂದೆ 1947ರಲ್ಲಿ, ಹೀಗೆ ಎರಡು ಲೇಖನಗಳನ್ನು ಬರೆದಿದ್ದಾರೆ :

"ಪರಮಾಣುಶಕ್ತಿಯ ಬಿಡುಗಡೆ ಹೊಸ ಸಮಸ್ಯೆ ಏನನ್ನೂ ಸೃಷ್ಟಿಸಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಅದು ಸದ್ಯ ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಪರಿಹರಿಸುವುದು ಎಷ್ಟು ತುರ್ತಿನ ಆವಶ್ಯಕತೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಿದೆ, ಅಷ್ಟೆ. ಪರಮಾಣುಶಕ್ತಿಯ ಬಿಡುಗಡೆ ನಮ್ಮನ್ನು ಪರಿಮಾಣಾತ್ಮಕವಾಗಿ, ಗುಣಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಅಲ್ಲ, ಪ್ರಭಾವಿಸಿದೆ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಅಧಿಕ ತ್ರಾಣಿಗಳಾಗಿರುವ ಸ್ವತಂತ್ರ ಜನಾಂಗಗಳು ಇರುವ ತನಕವೂ ಯುದ್ಧ ಅನಿವಾರ್ಯ. ಅಂದಮಾತ್ರಕ್ಕೆ ಯುದ್ಧ ಯಾವಾಗ ಬಂದೀ ತೆಂಬುದನ್ನು ಕಣಿ ನುಡಿಯುವ ಪ್ರಯತ್ನವಿದಲ್ಲ—ಆದರೆ ಅದು ಬರುವುದಂತೂ ಖಾತ್ರಿ. ಪರಮಾಣುಬಾಂಬನ್ನು ತಯಾರಿಸುವ ಮೊದಲು ಕೂಡ ಇದು ನಿಜವಾಗಿತ್ತು. ಬದಲಾಗಿರುವುದೇನೆಂದರೆ ಯುದ್ಧದ ವಿನಾಶಕಸಾಮರ್ಥ್ಯ.

"ಪರಮಾಣುಬಾಂಬಿನ ಚಂಡಾಟದಿಂದ ನಡೆಯುವ ಕದನದಲ್ಲಿ ಮಾನವಕುಲ ನಿರ್ನಾಮವಾಗಿ ಹೋದೀತೆಂದೇನೂ ನಾನು ಭಾವಿಸಿಲ್ಲ. ಪ್ರಾಯಶಃ ಪ್ರಪಂಚದ ಜನಸಂಖ್ಯೆಯು ಮೂರರಲ್ಲಿ ಎರಡು ಭಾಗ ಅಳಿದುಹೋಗಬಹುದು. ಆದರೆ ಬದುಕು ಮರುಚಿಗುರಲು ಅನುವಾಗುವಂತೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಮಂದಿ ಚಿಂತನಶೀಲರು ಮತ್ತು ಸಾಕಷ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪುಸ್ತಕಗಳು ಉಳಿದಿದ್ದು ನಾಗರಿಕತೆಯನ್ನು ಪುನಸ್ಸ್ಥಾಪಿಸಬಹುದು.

"ಬಾಂಬಿನ ರಹಸ್ಯವನ್ನು ವಿಶ್ವಸಂಸ್ಥೆಗೆ (ಯುನೈಟೆಡ್ ನೇಷನ್ಸ್ ಆರ್ಗನೈಸೇಷನ್) ಒಪ್ಪಿಸಬೇಕೆಂಬುದು ನನ್ನ ಆಶಯವಲ್ಲ. ಅದನ್ನು ಸೋವಿಯತ್ ಒಕ್ಕೂಟಕ್ಕೆ ಕೊಡಬೇಕೆಂದೂ ನಾನು ಭಾವಿಸಿಲ್ಲ. ಈ ಒಂದೊಂದು ಹಾದಿಯೂ, ಕೈಯಲ್ಲಿ ಬಂಡವಾಳವಿರುವ ಒಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿ, ಇನ್ನೊಬ್ಬ ತನ್ನ ಜೊತೆ ಒಂದು ಉದ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಸಹಕರಿಸಬೇಕೆಂದು ಆಶಿಸಿ, ಆತನಿಗೆ ತನ್ನ ಬಂಡವಾಳದ ಅರ್ಧಾಂಶವನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಕೊಡುವುದಕ್ಕೆ ಸದೃಶವಾಗಿದೆ. ಆ ಇನ್ನೊಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿ ಮೊದಲಿನವನಿಗೆದುರಾಗಿ ಪೈಪೋಟಿಗಿಳಿಯಬಹುದು. ನಿಜಕ್ಕೂ ಇಲ್ಲಿ ಬೇಕಾದದ್ದು ಆತನ ಸಹಕಾರ, ಪೈಪೋಟಿ ಅಲ್ಲ. ಬಾಂಬಿನ ರಹಸ್ಯವನ್ನು ಪ್ರಪಂಚಸರ್ಕಾರವೊಂದಕ್ಕೆ ಬದ್ಧಗೊಳಿಸಬೇಕು; ಮತ್ತು ಹಾಗೆ ಮಾಡಲು ತಾನು ಸಿದ್ಧವಿರುವುದನ್ನು ಸಂಯುಕ್ತ ಸಂಸ್ಥಾನಗಳು ಒಡನೆ ಸಾರಬೇಕು. ಅತ್ಯಧಿಕ ಸೇನಾತ್ರಾಣವಿರುವ ಮೂರು ರಾಷ್ಟ್ರಗಳಾದ ಅಮೆರಿಕ ಸಂಯುಕ್ತ ಸಂಸ್ಥಾನಗಳು, ಸೋವಿಯತ್ ಒಕ್ಕೂಟ ಮತ್ತು ಗ್ರೇಟ್ ಬ್ರಿಟನ್ ಒಂದುಗೂಡಿ ಪ್ರಪಂಚ ಸರ್ಕಾರವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಬೇಕು. ಈ ಮೂರು ಸರ್ಕಾರಗಳೂ ಪ್ರಪಂಚಸರ್ಕಾರಕ್ಕೆ ತಮ್ಮ ಸಕಲ ತ್ರಾಣವನ್ನೂ ಬದ್ಧಗೊಳಿಸಬೇಕು. ಬಲಿಷ್ಠ ಸೇನೆಗಳಿರುವ ಜನಾಂಗಗಳು ಕೇವಲ ಮೂರು ಮಾತ್ರ ಇರುವುದರಿಂದ ಇಂಥ ಒಂದು ಸರ್ಕಾರದ ಸ್ಥಾಪನೆ ಸುಲಭವಾಗುತ್ತದೆ; ಕಷ್ಟವಾಗದು.

"ಪರಮಾಣುಬಾಂಬಿನ ರಹಸ್ಯವನ್ನು ಸೋವಿಯತ್ ಒಕ್ಕೂಟ ಹೊಂದದಿರುವುದರಿಂದ, ಆದರೆ ಸಂಯುಕ್ತ ಸಂಸ್ಥಾನಗಳು ಮತ್ತು ಗ್ರೇಟ್ ಬ್ರಿಟನ್ ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ, ಉದ್ದೇಶಿತ ಪ್ರಪಂಚ ಸರ್ಕಾರದ ಕರಡನ್ನು ತಯಾರಿಸಲು ಈ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳು ಸೋವಿಯತ್ ಒಕ್ಕೂಟವನ್ನು ಆಹ್ವಾನಿಸತಕ್ಕದ್ದು. ಬಾಂಬನ್ನು ತಮ್ಮಿಂದ ರಹಸ್ಯವಾಗಿಟ್ಟಿರುವುದು, ಮುಖ್ಯವಾಗಿ, ತಾವದನ್ನು ಪಡೆಯಬಾರದೆಂಬ ಕಾರಣಕ್ಕಾಗಿ ಎಂಬ ಅವಿಶ್ವಾಸಭಾವನೆ ರಶ್ಯನರಿಗೆ ಈಗಾಗಲೇ ಇದೆ. ಈ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಕ್ರಮ ಅವರ ಅವಿಶ್ವಾಸವನ್ನು ತೊಡೆದು ಹಾಕದಿರದು. ಮೊದಲ ಕರಡು ಅಂತಿಮ ಸಂವಿಧಾನವಲ್ಲವೆಂಬುದು ಕಂಡಂತೆಯೇ ಇದೆ. ಆದರೆ ಪ್ರಪಂಚಸರ್ಕಾರ ತಮ್ಮ ಭದ್ರತೆಯನ್ನು ಆಶ್ವಾಸಿಸುತ್ತದೆಂಬ ಭಾವ ರಶ್ಯನರಿಗೆ ಮೂಡುವಂತೆ ಮಾಡಲೇಬೇಕು . . . . ಮೂರು ಮಹಾರಾಷ್ಟ್ರಗಳ ಒಳಗೂ [ಅಮೆರಿಕ, ಗ್ರೇಟ್ ಬ್ರಿಟನ್, ರಶ್ಯ] ಒಂದೇ ತೆರನಾದ ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳು ನೆಲೆಗೊಳ್ಳುವ ತನಕ ಪ್ರಪಂಚಸರ್ಕಾರದ ಸ್ಥಾಪನೆಯನ್ನು ಮುಂದೂಡಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಸೋವಿಯತ್ ಒಕ್ಕೂಟದಲ್ಲಿ ಅಲ್ಪಸಂಖ್ಯಾತರು ಆಳುತ್ತಿರುವ

ರೆಂಬುದು ನಿಜವಾದರೂ ಅಲ್ಲಿನ ಆಂತರಿಕ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳು ಪ್ರಪಂಚಶಾಂತಿಗೆ ಬಾಧಕವಾಗಿವೆಯೆಂದೇನೂ ನಾನು ಪರಿಭಾವಿಸಿಲ್ಲ. ರಶ್ಯದ ಜನರಿಗೆ ಸುದೀರ್ಘ ಕಾಲ ರಾಜಕೀಯ ಶಿಕ್ಷಣ ಲಭಿಸಿಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನು ನೆನಪಿಗೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಆ ದೇಶದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳ ಸುಧಾರಣೆಗೋಸ್ಕರ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಚಾಲ್ತಿಗೆ ತರಲು ಸಮರ್ಥವಾದಂಥ ಬಹುಸಂಖ್ಯಾತವರ್ಗ ಅಲ್ಲಿ ಇದ್ದಿಲ್ಲವಾದ ಕಾರಣ ಅಲ್ಪಸಂಖ್ಯಾತವರ್ಗ ಅವನ್ನು ತರಬೇಕಾಯಿತು. ನಾನೇನಾದರೂ ರಶ್ಯನ್ ಆಗಿ ಹುಟ್ಟಿದುದಾಗಿದ್ದರೆ ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗೆ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಿದ್ದೆನೆಂಬುದಾಗಿ ಭಾವಿಸಿದ್ದೇನೆ....

"[ಪರಮಾಣುಬಾಂಬ್ ನಿರ್ಮಾಣದ] ರಹಸ್ಯವನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲ ನಾವು [ಅಮೆರಿಕ] ರಕ್ಷಿಸಿಡಲಾರೆವು. ಪರಮಾಣುಬಾಂಬಿನ ಅಭಿವರ್ಧನೆಯ ಮೇಲೆ ಹೂಡಲು ಸಾಕಾಗುವಷ್ಟು ಬಂಡವಾಳ ಬೇರೆ ಯಾವ ರಾಷ್ಟ್ರದಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲವಾಗಿ ಈ ರಹಸ್ಯ ದೀರ್ಘಕಾಲ ನಮ್ಮ ಸೊತ್ತಾಗಿಯೇ ಉಳಿದೀತೆಂಬ ವಾದವಿರುವುದು ನನಗೆ ಗೊತ್ತುಂಟು. ವಸ್ತುಗಳ ತಯಾರಿಕೆಗೆ ತಾಗುವ ವೆಚ್ಚವನ್ನು ಲೆಕ್ಕಿಸಿ ಅವುಗಳ ಯೋಗ್ಯತೆಯನ್ನು ಅಳೆಯುವ ತಪ್ಪನ್ನು ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಈ ರಾಷ್ಟ್ರದಲ್ಲಿ ಮಾಡುವುದಿದೆ. ಆದರೆ ಪದಾರ್ಥಗಳೂ ಪರಿಣತರೂ ಇರುವ ಇತರ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳು ಅವನ್ನು, ಪರಮಾಣು ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಅಭಿವರ್ಧಿಸುತ್ತ ಹೂಡಲು ಹವಣಿಸಿದ್ದಾದರೆ ಖಂಡಿತ ಆ ಉದ್ದೇಶದಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ಸು ಗಳಿಸುತ್ತವೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಬೇಕಾದದ್ದು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಪದಾರ್ಥಗಳು ಮತ್ತು ಪರಿಣತರು, ಮತ್ತು ಅವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಯುಕ್ತ ನಿರ್ಧಾರ; ಹಣವಲ್ಲ.

"ಪರಮಾಣುಶಕ್ತಿ ಬಿಡುಗಡೆಯ ಮೂಲಪುರುಷ ನಾನೆಂಬ ಭಾವನೆ ನನಗಿಲ್ಲ. ಅದರಲ್ಲಿ ನನ್ನ ಪಾತ್ರ ತೀರ ಪರೋಕ್ಷ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ನನ್ನ ಬದುಕಿನ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಈ ಬಿಡುಗಡೆ ಸಂಭವಿಸೀತೆಂಬುದನ್ನು ನಾನು ಮುಂಗಂಡಿರಲಿಲ್ಲ. ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕವಾಗಿ ಮಾತ್ರ ಇದು ಸಾಧ್ಯವಾದೀತೆಂದು ನಂಬಿದ್ದೆ. ಶೃಂಖಲಾಕ್ರಿಯೆಯ ಆಕಸ್ಮಿಕಾವಿಷ್ಕಾರದಿಂದ ಇದು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಯಿತು. ಖಂಡಿತವಾಗಿಯೂ ಇದನ್ನು ನಾನು ಮುನ್ನುಡಿಯಲಾರದವನಾಗಿದ್ದೆ. ಬರ್ಲಿನ್ನಿನಲ್ಲಿ ಹ್ಯಾನ್ ಇದನ್ನು ಆವಿಷ್ಕರಿಸಿದರು. ಖುದ್ದು ಅವರೇ ತಾವು ಆವಿಷ್ಕರಿಸಿದ್ದನ್ನು ಅಪವ್ಯಾಖ್ಯಾನಿಸಿದ್ದರು. ಸರಿಯಾದ ವ್ಯಾಖ್ಯಾನ ನೀಡಿದವರು ಲೈಸ್ ಮೈಟ್ನರ್. ಇವರು ಜರ್ಮನಿಯಿಂದ ತಲೆಮರೆಸಿಕೊಂಡು ಓಡಿಹೋಗಿದ್ದಾಗ ಈ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ನೀಲ್ಸ್ ಬೋರರಿಗೆ ಒಪ್ಪಿಸಲು ಕಾರಣರಾದರು.

"ಸುದೀರ್ಘಕಾಲದ ತನಕ ಪರಮಾಣುಶಕ್ತಿ ಮಹಾ ವರವಾದೀತೆಂದೇನೂ ಮುಂಗಾಣಲಾರೆ. ಎಂದೇ ಸದ್ಯಕ್ಕೆ ಇದೊಂದು ಘೋರ ಆಪತ್ತೆಂದು ಭಾವಿಸಿದ್ದೇನೆ. ಬಹುಶಃ ಹೀಗಿರುವುದು ಒಳ್ಳೆಯದಕ್ಕೇ—ಏಕೆಂದರೆ ಮನುಕುಲ ತನ್ನ ಅಂತಾರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ವ್ಯವಹಾರಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ರಮವನ್ನು ತಂದುಕೊಳ್ಳಲೇಬೇಕೆಂಬ ಭಯಮೂಲ ಒತ್ತಡವನ್ನು

ಇದು ಅದರ ಮೇಲೆ ಹೇರುತ್ತದೆ; ಇಂಥ ಒತ್ತಡವಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಈ ಕ್ರಮ ಎಂದೂ ಬರದಿರುವುದು ನಿಸ್ಸಂಶಯ."

1945 ರ ಅನಂತರ ಹೇಗೆ ಪ್ರಪಂಚದ ವಿವಿಧ ಬಣಗಳು ಪರಮಾಣುಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹಿಂಡುವುದರತ್ತ, ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಪರಮಾಣುಬಾಂಬ್ ಹೈಡ್ರೊಜನ್‌ಬಾಂಬ್ ಮುಂತಾದ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಮಾರಕಾಸ್ತ್ರಗಳ ನಿರ್ಮಾಣದತ್ತ, ತಮ್ಮ ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳನ್ನೂ ಜನಬಲವನ್ನೂ ವೆಚ್ಚಿಸಿಕೊಂಡು ಬಂದಿವೆ, ಈ ಆತ್ಮವಿಘಾತಕ ಪೈಪೋಟಿಯಿಂದ ಹೇಗೆ ಪ್ರಪಂಚ ಅನೇಕ ವೇಳೆ ಪರಮಾಣುಬಾಂಬ್ ಚಂಡಾಟದ ವಿನಾಶಕ ಪ್ರಪಾತವನ್ನು ಸಮೀಪಿಸಿದೆ, ಇಂದಾದರೂ (1979) ಹೇಗೆ ಪ್ರಪಂಚ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಭೀತಿಯ ಮಡಿಲಲ್ಲೇ ಬಾಳುತ್ತಿರಬೇಕಾಗಿದೆ ಮುಂತಾದ ವಿವರಗಳು ಸರ್ವವೇದ್ಯ. ಈ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಸೂತ್ರೀಕರಿಸುವ ಒಂದು ಜನಪ್ರಿಯ ಕಗ್ಗ ಇಂಗ್ಲಿಷಿನಲ್ಲಿದೆ ಪುಟ್ಟ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ನುಚ್ಚುನುರಿ ಮಾಡಲು ಮಾನವ ಶತಪ್ರಯತ್ನಮಾಡಿ ಸಿದ್ಧಿಗಳಿಸಿದ (ಭಸ್ಮಾಸುರ); ಈಗ ಅದು ತನ್ನ 'ಗೌರವ'ವನ್ನು ಮಾನವನಿಗೆ 'ಅರ್ಪಿಸಲು' ದಿನದಿನ ಬಂದು ಕದ ತಟ್ಟುತ್ತಿದೆ ಎಂಬುದು ಅದರ ಸಾರಾಂಶ (ಪುನರಾಯಾನ್ ಮಹಾಕಪಿಃ):

ಪರಮಾಲ್ಪ ಗಾತ್ರದಾ ಪರಮಾಣು ಭೇದನೆ
ಮಾನವಜನಾಂಗದಾ ತೀವ್ರ ಪ್ರಲೋಭನೆ
ಪರಮಾಣು ಮನದಿ ಸ್ಪಂದಿಸಿದೆ ಸಂವೇದನೆ
ಮರಳಿಸಲು ಬರುತಿಹುದು ದಿನದಿನಂ ಗುರುವಂದನೆ!

ಒಂದನೆಯ ಮಹಾ ಯುದ್ಧವನ್ನು ರಸಲ್ ಮತ್ತು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಇಬ್ಬರೂ ವಿರೋಧಿಸಿದ್ದರು. ಎರಡನೆಯ ಮಹಾಯುದ್ಧವನ್ನು ಅನಿವಾರ್ಯವೆಂದು ಭಾವಿಸಿದ್ದರು. ಮೂರನೆಯ ಮಹಾಯುದ್ಧ ಸಂಭವಿಸಿದ್ದಾದರೆ? ಫಿರಂಗಿಗುಂಡುಗಳ ತಾಕಲಾಟ ಒಂದನೆಯ ಮಹಾಯುದ್ಧ. ವಾಯುಬಾಂಬುಗಳ ಎರಚಾಟ ಎರಡನೆಯ ಮಹಾಯುದ್ಧ. ಮೂರನೆಯದು? ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ, ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಶಿರ ಹೊತ್ತ ಸ್ವಯಂಚಲಿ ಹಾಗೂ ದಿಗ್ದರ್ಶಿತ ಖಂಡಾಂತರ ಕ್ಷಿಪಣಿಗಳ ಚಂಡಾಟ. ಏಕೆಂದರೆ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಶಕ್ತಿ ಅಭಿವರ್ಧನೆಯ ಗೆಲ್ಲಂಕ ಹಲಗೆ ನಿಸ್ಸಂದಿಗ್ಧವಾಗಿ ಈ ದಿಶೆಯತ್ತ ಕೈ ತೋರಿಸುತ್ತಿತ್ತು:

*1945 ರಲ್ಲಿ ವಿದಳನ ಬಾಂಬ್ (ಫಿಶ್ಶನ್ ಬಾಂಬ್ ಅಥವಾ ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬ್) ನಿರ್ಮಾಣ ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗ

*1950 ರಲ್ಲಿ ಸಂಲಯನ ಬಾಂಬ್ (ಫ್ಯೂಶನ್ ಬಾಂಬ್ ಅಥವಾ ಹೈಡ್ರೊಜನ್‌ಬಾಂಬ್) ನಿರ್ಮಾಣ ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗ

*ತರುವಾಯದ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಲಯನ ಬಾಂಬುಗಳ ಪರಿಷ್ಕರಣದಲ್ಲಿ (=ಮಾರಕ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಅಧಿಕಗೊಳಿಸುವ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ) ತ್ವರಿತಗತಿಯ ಮುನ್ನಡೆ ಮತ್ತು ದಿಗ್ದರ್ಶಿತ ಸ್ವಯಂಚಲಿ ಕ್ಷಿಪಣಿಗಳ ಅಭಿವರ್ಧನೆ.

ಹಾಗಾದರೆ ಉಳಿದದ್ದೇನು? ಗುಂಡಿ ಒತ್ತಿ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಶಿರಹೊತ್ತ ಕ್ಷಿಪಣಿಯನ್ನು ಉದ್ದಿಷ್ಟ ಗುರಿಯೆಡೆಗೆ ಉಡಾಯಿಸುವುದು ಮಾತ್ರ—ಮರುಕ್ಷಣ ಅಲ್ಲಿ ಕೋಟಿ ಸೂರ್ಯಸ್ಫೋಟನೆ, ಸರ್ವನಾಶ. ಇದೊಂದು ಮತ್ತೇರಿಸುವ ಹುಚ್ಚು ಪಂದ್ಯ, ಕೋಳಿ ಕಟ್ಟ. ಇಲ್ಲಿ ಪ್ರಬಲ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳೆಲ್ಲವೂ ಕಣಕ್ಕಿಳಿದಿವೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಗೆದ್ದವನು ಸತ್ತಿರುತ್ತಾನೆ, ಸತ್ತವನು ನಿರ್ನಾಮವಾಗಿರುತ್ತಾನೆ. ಇಂಥ ವಿನಾಶ ಮಾರ್ಗಕ್ರಮಣ ಸರ್ವಥಾ ಸಲ್ಲದು ಎಂದು ಭಾವಿಸಿದ ಪ್ರಪಂಚಮುಖಂಡರ ಪೈಕಿ ಅಗ್ರಗಣ್ಯರು ಲಾರ್ಡ್ ಬಟ್ರ್ರೆಂಡ್ ರಸಲ್ (1872–1970). ರಾಜಕಾರಣಿಗಳಿಗೆ ಮತ್ತು ಅವರ 'ಅನುನಾಯಿ'ಗಳಾದ ವೃತ್ತಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಬಿಡುವಂಥ ಅಲ್ಪ ವಿಷಯವಿದಲ್ಲ, ಪ್ರಪಂಚದ ಸಕಲ ನಾಗರಿಕರೂ ಖುದ್ದು ಎದ್ದು ತಮ್ಮ ಹಕ್ಕುಬಾಧ್ಯತೆಗಳನ್ನು ಚಲಾಯಿಸಬೇಕಾದ ಪ್ರಗಲ್ಭ ವಿಷಯವೆಂದು ರಸಲ್ ಬಗೆದರು. ರಾಜಕಾರಣಿಗಳಿಗೆ ಕಡಿವಾಣ ತೊಡಿಸಿ ಲಗಾಮು ಜಗ್ಗುವುದೊಂದೇ ಇದನ್ನು ಸಾಧಿಸಲಿರುವ ಹಾದಿ, ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಸಾರ್ವಜನಿಕ ಪ್ರಜ್ಞೆಯನ್ನು ಬಡಿದೆಬ್ಬಿಸಬೇಕೆಂದು ಹಂಚಿಕೆ ಹೂಡಿದರು.

ಬ್ರಿಟಿಷ್ ಬ್ರಾಡ್‌ಕ್ಯಾಸ್ಟಿಂಗ್ ಕಾರ್ಪೊರೇಶನ್ ಮೂಲಕ ರಸಲ್ ಬಿತ್ತರಿಸಿದ ಭಾಷಣದಲ್ಲಿ (1954) 'ಮಾನವನ ಗಂಡಾಂತರ'ವನ್ನು ಕುರಿತು ಈ ಮಾತು ಹೇಳಿದರು "ನಾವು ವರಿಸಲು ಇಚ್ಛಿಸಿದುದಾದರೆ ನಮ್ಮ ಮುಂದೆ ಸುಖ, ಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ತಿಳಿವಳಿಕೆ ಇವುಗಳಲ್ಲಿನ ನಿರಂತರ ಪ್ರಗತಿ ಕಾದು ನಿಂತಿದೆ. ಇದರ ಬದಲು, ನಮ್ಮ ಜಗಳಗಳನ್ನು ಮರೆಯಲಾರದವರಾಗಿ, ಸಾವನ್ನು ಆಯೋಣವೇ? ಮಾನವನಾಗಿ ನಾನು ಮಾನವ ಭಾಂಧವರಿಗೆ ಮನವಿ ಸಲ್ಲಿಸುತ್ತಿದ್ದೇನೆ: ನಿಮ್ಮ ಮಾನವೀಯತೆಯನ್ನು ನೆನಪಿಡಿ, ಉಳಿದುದನ್ನು ಮರೆತುಬಿಡಿ. ಹೀಗೆ ಮಾಡಬಲ್ಲಿರಾದರೆ ನವಸ್ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಕೊಂಡೊಯ್ಯುವ ಹಾದಿ ನಿಮ್ಮೆದುರು ತೆರೆದುಕೊಂಡಿರುತ್ತದೆ; ಇಲ್ಲವಾದರೆ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಮರಣದ ಹೊರತಾಗಿ ಬೇರೇನೂ ನಿಮ್ಮೆದುರು ಇರುವುದಿಲ್ಲ."

ರಸಲರ ಯೋಜನೆ ಇದ್ದುದು ಹೀಗೆ: ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಪಂದ್ಯ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಯುದ್ಧದ ಭೀಕರ ಅನಾಹುತಗಳನ್ನು ಜನರಿಗೆ ತಿಳಿಯಪಡಿಸುವ ಪ್ರಣಾಳಿಕೆಯನ್ನು ಸಿದ್ಧಪಡಿಸಬೇಕು; ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರಪಂಚದ—ಪೂರ್ವ ಪಶ್ಚಿಮ ದೇಶಗಳೆಂಬ ಭೇದವಿಲ್ಲದೆ, ಬಲ ವಾಮ ಪಂಥಗಳೆಂಬ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿಲ್ಲದೆ—ಶ್ರೇಷ್ಠ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಹಾಗೂ ತಳಿವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ರುಜುಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬೇಕು; ಈ ಸರ್ವೋಚ್ಚ ಪ್ರಣಾಳಿಕೆಯನ್ನು—ಮಾನವಭವಿಷ್ಯ ನಿರ್ಣಾಯಕ ಘೋಷಣೆಯನ್ನು—ಬಹಿರಂಗವಾಗಿ ಸಾರ್ವಜನಿಕ ಸಂಪರ್ಕ ಮಾಧ್ಯಮಗಳ ಮೂಲಕ ಪ್ರಪಂಚಕ್ಕೆ ಪ್ರಕಟಿಸಬೇಕು. ಈ ಪ್ರಣಾಳಿಕೆಗೆ ಖಚಿತರೂಪ ಹಾಗೂ ಯೋಗ್ಯ ಅಂತಸ್ತು

ಪ್ರಾಪ್ತವಾಗಬೇಕಾದರೆ ಅದಕ್ಕೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಮುದ್ರೆ ಮೊದಲು ಬೀಳುವುದು ಆಗತ್ಯವೆಂದು ರಸಲ್ ಸಕಾರಣವಾಗಿ ಭಾವಿಸಿದರು.

1955ರ ಫೆಬ್ರುವರಿಯಲ್ಲಿ ರಸಲ್ ತಮ್ಮ ಚಿಂತನ ಲಹರಿಗಳನ್ನು ವಿವರವಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರಿಗೊಂದು ಪತ್ರ ಬರೆದರು ಮತ್ತು ತನ್ನ ಯೋಜನೆಗೆ ಇವರ ಸಲಹೆ ಸಹಕಾರಗಳನ್ನು ಕೋರಿದರು. ಈ ಹೊಸ ಸವಾಲಿನಿಂದ ಉತ್ತೇಜಿತರಾದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಒಡನೆ, 16 ರಂದು, ಮಾರೋಲೆ ಬರೆದರು. ನೀಲ್ಸ್ ಬೋರ್, ಜೂಲ್ಯೋ–ಕ್ಯೂರಿ (1900–1958, ಫ್ರಾನ್ಸಿನ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ, ನೊಬೆಲ್ ಪ್ರಶಸ್ತಿವಿಜೇತ, ಮೇಲಾಗಿ ಕಮ್ಯೂನಿಸ್ಟ್ ಪಕ್ಷಾನುಯಾಯಿ) ಮೊದಲಾದ ಶ್ರೇಷ್ಠರ ಒಪ್ಪಿಗೆ ಪಡೆಯಬೇಕೆಂದು ಸೂಚಿಸಿದರು. "ಇಂಥ ವಿಚಾರಗಳನ್ನು ನೀವು ಚೆನ್ನಾಗಿ ತಿಳಿದುಕೊಂಡಿದ್ದೀರಿ. ನೀವು ದಳವಾಯಿ, ನಾನೋ? ಸಿಪಾಯಿ ಮಾತ್ರ. ಹುಕುಂ ಚಾಲೂ ಮಾಡಿ ಅಸ್ಸಲ್ ಹಿಂದೆ ನಾನಿದ್ದೇನೆ!"

ಇಲ್ಲಿಗೇ ಬಿಡಲಿಲ್ಲ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್. ಜವಾಹರಲಾಲ್ ನೆಹ್ರೂ ಅವರಿಗೆ ಕಾಗದ ಬರೆದರು. ಭಾರತ ಈ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಸಕ್ರಿಯ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸಬೇಕೆಂದು ಕೋರಿದರು.

ಎಂಬತ್ತಮೂರರ ವೃದ್ಧ ರಸಲ್ ಸಾಕಷ್ಟು ಮಾತುಕತೆ, ಪತ್ರವ್ಯವಹಾರ ಮತ್ತು ತಿರುಗಾಟ ಮಾಡಬೇಕಾಯಿತು. ವಾರಗಳುರುಳಿದುವು. ಕೊನೆಗೂ ಪ್ರಣಾಳಿಕೆಯ ಕರಡನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರಿಗೆ ಓದಲು, ತಿದ್ದುಪಡಿ ಸೂಚಿಸಲು ಹಾಗೂ ಹೊಸತೇನಾದರೂ ಇದ್ದರೆ ಸೇರಿಸಲು ಕಳಿಸಿದರು.

'ಹಸಿಮಡಕೆಯಲ್ಲಿ ಹಿಡಿದಿಟ್ಟ ನೀರು ತುಸುತುಸುವೆ ಒಸರಿ ತಳ ಸೇರುವಂತೆ' ಆ ವೇಳೆಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಜೀವದ್ರವ್ಯ ಕ್ರಮೇಣ ಇಂಗುತ್ತಿತ್ತು. ಜನಜಂಗುಳಿಯ ನಡುವೆಯೂ ಒಬ್ಬಂಟಿಗನಾಗಿದ್ದ, ಪರಮ ಸಿದ್ಧಿಗಳ ನಡುವೆಯೂ ನಿರ್ಲಿಪ್ತ ಪ್ರೇಕ್ಷಕನಾಗಿದ್ದ, ಕೀರ್ತಿ ವೈಭವಗಳ ನಡುವೆಯೂ ಅಬಾಧಿತ ಪ್ರಯಾಣಿಕನಾಗಿದ್ದ ಈ ಸೀಮಾಪುರುಷನ ವರ್ಣಮಯ ಜೀವನನಾಟಕದ ಅಂತಿಮಾಂಕ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಲ್ಪಡಲು ಮುಹೂರ್ತ ಸನ್ನಿಹಿತವಾಗುತ್ತಿತ್ತು.

11 ಏಪ್ರಿಲ್ 1955, ಸೋಮವಾರ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಕೆಲವೊಂದು ಮುಖ್ಯ ಕರ್ತವ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ಮಗ್ನರಾಗಿದ್ದರು. ಆ ಪೈಕಿ ಮೊದಲನೆಯದು, ರಸಲರಿಂದ ಬಂದಿದ್ದ ಪ್ರಣಾಳಿಕೆಯ ಕರಡನ್ನು ಒಪ್ಪಿ ಹಿಂತಿರುಗಿಸುವುದು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಮಾರೋಲೆ ಬರೆದರು "ನಿಮ್ಮ ಉತ್ಕೃಷ್ಟ ನಿರೂಪಣೆಗೆ ಸಹಿ ಹಾಕಲು ಸಂತೋಷದಿಂದ ಸಮ್ಮತಿಸಿದ್ದೇನೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಈ ಪ್ರಣಾಳಿಕೆಗೆ ರುಜುವಿಕ್ಕಲು ನೀವು ಪ್ರಾರ್ಥಿಸಬೇಕೆಂದಿರುವ ಇತರ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಹೆಸರಿನ ಯಾದಿಯನ್ನು ಒಪ್ಪಿದ್ದೇನೆ."

ರಸಲ್ ಏಪ್ರಿಲ್ 18 ರಂದು ರೋಮ್‌ನಿಂದ ಪ್ಯಾರಿಸ್ಸಿಗೆ ವಿಮಾನಯಾನ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದಾಗ ಹಠಾತ್ತಾಗಿ ವಿಮಾನಚಾಲಕ ದುರ್ವಾರ್ತೆಯನ್ನು ಬಿರಿದ:

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅಂದೇ ಮಡಿದಿದ್ದರು. ಮಂಕು ಕವಿದ ರಸಲ್ ಯಾಂತ್ರಿಕವಾಗಿ ತಮ್ಮ ಪ್ಯಾರಿಸ್ ಹೋಟೆಲ್ಲನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸಿದರು: ಅಗೊ! ಅಲ್ಲಿ ಕಾದಿತ್ತು—ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಒಪ್ಪಿಗೆ ಉಯಿಲು, ಮುಂದಿನ ನಡೆಗೆ ಎತ್ತಿ ಹಿಡಿದ ಹಸಿರು ಕಂದೀಲು.

ಮುಂದೆ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ತರುವಾಯದ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ, ಇವರ ಆಶೀರ್ವಾದ ಪಡೆದಿದ್ದ ಆ ಶಾಂತಿ ಪತ್ರ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್-ರಸಲ್ ಘೋಷಣೆ ಎಂಬ ಅಭಿಧಾನದಿಂದ ಪ್ರಕಟವಾಯಿತು, ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾಯಿತು, ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಪಂದ್ಯಕ್ಕೆ ತಾತ್ಕಾಲಿಕ ಬಿರಿ ಹಾಕುವುದರಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾಯಿತು.

ವಿಸ್ತಾರದಲಿ ಬಾಳು, ವೈಶಾಲ್ಯದಿಂ ಬಾಳು
ಕತ್ತಲೆಯ ಮೊಡಕು ಮೂಲೆಗಳ ಸೇರದಿರು
ಭಾಸ್ಕರನನುಗ್ರಹವೆ ನೂತ್ನಜೀವನ ಸತ್ತ್ವ
ಮೃತ್ಯುನಿನಗಲ್ಪತೆಯೊ—ಮಂಕುತಿಮ್ಮ

* * * *

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವಾಣಿ

ವಾದ್ಯಬಜಾವಣೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಅಡ್ಡನೀಟ ಸಾಲುಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಲುಗಳನ್ನು ಕುಕ್ಕಿ ನಡೆಯುವುದನ್ನು ಮೆಚ್ಚುವಾತ ನನ್ನ ತಿರಸ್ಕಾರಕ್ಕೂ ಅರ್ಹನಲ್ಲ. ಅವನಲ್ಲಿ ಮಹಾಮಸ್ತಿಷ್ಕ (ಮಿದುಳು) ತಪ್ಪಾಗಿ ಸೇರಿಕೊಂಡಿದೆ. ಅವನಿಗೆ ಕಶೇರುರಜ್ಜುವೊಂದೇ (ಬೆನ್ನುಹುರಿ) ಧಾರಾಳವಾಗಿ ಸಾಕಿತ್ತು.

ಅನು: ಜಿ.ಟಿ.ಎನ್.

ಏಕೆ ಸಮಾಜವಾದ ?

ಆರ್ಥಿಕ ಮತ್ತು ಸಮಾಜಿಕ ವಿವಾದಾಂಶಗಳ ತಜ್ಞನಲ್ಲದವನಿಗೆ ಸಮಾಜವಾದದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ತನ್ನ ಅಭಿಪ್ರಾಯವನ್ನು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸುವುದು ಯುಕ್ತವಾದುವೆ? ಅನೇಕ ಕಾರಣಗಳಿಗಾಗಿ ನಾನು ಇದು ಯುಕ್ತವಾದುದು ಎಂದು ನಂಬುತ್ತೇನೆ.

ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಮೊದಲಿಗೆ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ತಿಳುವಳಿಕೆಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ವಿವೇಚಿಸೋಣ. ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಅರ್ಥವಿಜ್ಞಾನ ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಕ್ರಮಾನುಸರಣಾ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಇಲ್ಲದೆ ಇರುವಂತೆ ಕಾಣಬಹುದು. ಎರಡೂ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಒಂದು ಪರಿವ್ಯಕ್ತಿತ ಘಟನೆಗಳ ನಡುವಿನ ಸಂಬಂಧ ಗಳನ್ನು, ಎಷ್ಟು ಸಾಧ್ಯವೊ ಅಷ್ಟು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಲು ಅನುಕೂಲವಾಗುವಂತೆ ಸಾಮಾನ್ಯ ಒಪ್ಪಿಗೆ ಪಡೆಯುವ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಶೋಧಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಪಡುತ್ತಾರೆ. ಆದರೆ ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಅಂಥ ಕ್ರಮಾನುಸರಣಾ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಇದ್ದೇ ಇವೆ. ಅರ್ಥ ವಿಜ್ಞಾನ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿಯಮಗಳ ಸಂಶೋಧನೆ, ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿ ಬೆಲೆಕಟ್ಟಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದಂಥ ಅನೇಕ ಅಂಶಗಳಿಂದ ಅವಲೋಕಿತ ಆರ್ಥಿಕ ಘಟನೆಗಳು ಪದೇ ಪದೇ ಪ್ರಭಾವಿತವಾಗುವುದರಿಂದ, ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಇದರ ಜೊತೆಗೆ ನಾಗರಿಕ ಯುಗದ ಆರಂಭದಿಂದಲೂ ಸಂಚಯವಾಗಿರುವ ಅನುಭವ, ಚೆನ್ನಾಗಿ ಗೊತ್ತಿರುವಂತೆ, ಆರ್ಥಿಕ ಸ್ವಭಾವವಿಲ್ಲದ ಕಾರಣಗಳಿಂದ ಪ್ರಭಾವಿತವಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಮಿತಿಗೊಳಪಟ್ಟಿದೆ. ಉಧಾಹರಣೆಗೆ, ಚರಿತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಅನೇಕ ಪ್ರಬಲ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವಕ್ಕೆ ಅವುಗಳು ಸಾಧಿಸಿದ ಆಕ್ರಮಣಗಳೇ ಕಾರಣವಾಗಿದ್ದವು. ಗೆದ್ದವರು, ನ್ಯಾಯಸಮ್ಮತವಾಗಿ ಮತ್ತು ಆರ್ಥಿಕವಾಗಿ, ಸೋತವರ ದೇಶದಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷ ಸವಲತ್ತುಗಳನ್ನು ಪಡೆದು ನೆಲೆಗೊಂಡರು. ಅವರು ಭೂಒಡೆತನದ ಏಕಸ್ವಾಮ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿ ಅವರ ವರ್ಗದಿಂದಲೆ ಆಯ್ದ ಪುರೋಹಿತರನ್ನು ನಿಯಮಿಸಿದರು. ಪುರೋಹಿತರು ವಿದ್ಯಾಸಂಸ್ಥೆಗಳ ಮೇಲೆ ಹತೋಟಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡುದರಿಂದ, ಸಮಾಜದ ವರ್ಗವಿಭಜನೆ ಯನ್ನು ಶಾಶ್ವತ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಾಗಿ ಬೆಳೆಸಿದರು ಮತ್ತು ಜನರು, ಅವರಿಗೆ ಅರಿವಿಲ್ಲ ದಂತೆಯೆ, ಸಾಮಾಜಿಕ ನಡೆವಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಅನುಸರಿಸುವಂಥ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿ ಸಿದರು.

ಹಾಗೆ ಹೇಳಬೇಕೆಂದರೆ, ಐತಿಹಾಸಿಕ ಸಂಪ್ರದಾಯ ನಿನ್ನೆಯದೆ; ನಿಜವಾಗಿಯೂ ನಾವು ಎಲ್ಲಿಯೂ ಥಾರ್ಸ್ಟೀನ್ ವೆಬ್ಲನ್ ಹೆಸರಿಸಿದ ಮಾನವನ ಬೆಳವಣಿಗೆಯ "ದರೋಡೆ ಅವಸ್ಥೆ"ಯನ್ನು (predatory phase) ಮೀರಿ ಮುಂದೆ ಹೋಗಿಯೆ

ಇಲ್ಲ. ಅವಲೋಕನೆಗೆ ಸಿಕ್ಕುವ ಆರ್ಥಿಕ ವಾಸ್ತವಾಂಶಗಳು ಆ ಅವಸ್ಥೆಗೆ ಸೇರಿದವು ಮತ್ತು ಅವುಗಳಿಂದ ನಾವು ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವ ನಿಯಮಗಳು ಬೇರೆ ಅವಸ್ಥೆಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗದಂಥವು. ಸಮಾಜವಾದದ ನಿಜವಾದ ಗುರಿ ನಿಖರವಾಗಿ ಅಡ್ಡಿ ಆತಂಕ ಗಳನ್ನು ನಿವಾರಿಸಿಕೊಂಡು ದರೋಡೆ ಅವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಮೀರಿ ಮಾನವನ ಬೆಳವಣಿಗೆಯನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸುವುದೆ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ಆರ್ಥಿಕ ವಿಜ್ಞಾನ ಈಗಿರುವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ, ಸಮಾಜವಾದದ ಅಡಿಪಾಯದ ಮೇಲೆ ನಿರ್ಮಾಣವಾಗಬೇಕಾದ ಮುಂದಿನ ಸಮಾಜದ ಮೇಲೆ ಯಾವುದೆ ಬೆಳಕನ್ನು ಚೆಲ್ಲಲಾರದು. ಎರಡನೆಯದು, ಸಮಾಜವಾದದ ಗುರಿ ಸಾಮಾಜಿಕ–ನೈತಿಕ ಬೆಲೆಯ ಕಡೆ ಇದೆ. ಆದರೆ ವಿಜ್ಞಾನ ಗುರಿಗಳನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸು ವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ಮನುಷ್ಯರಲ್ಲಿ ತುಂಬುವುದೂ ಇಲ್ಲ ; ವಿಜ್ಞಾನ ಹೆಚ್ಚೆಂದರೆ, ಕೆಲವು ಗುರಿಗಳನ್ನು ಮುಟ್ಟಲು ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಸಾಧನಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ. ಗುರಿಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸುವವರು ಉದಾತ್ತ ನೈತಿಕ ಆದರ್ಶಗಳುಳ್ಳ ಮಹಾನ್ ವ್ಯಕ್ತಿಗಳು. ಈ ಗುರಿಗಳು ಮೃತಜಾತವಾಗಿರದೆ ಚೈತನ್ಯಪೂರ್ಣವೂ ಕಸುವುಳ್ಳವೂ ಆಗಿದ್ದರೆ–ಅರೆಪ್ರಜ್ಞೆಯಿಂದ ಸಾಮಾಜಿಕ ವಿಕಾಸವನ್ನು ಸಾಧಿಸುವ ಬಹುಜನರಿಗೆ ಸ್ವೀಕೃತ ವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಕಾರಣಗಳಿಂದ ಮಾನವನ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಕುರಿತಾದ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿರು ವಾಗ ನಾವು ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ವಿಧಾನಗಳಿಗೆ ಅತಿಯಾದ ಬೆಲೆಕೊಡದಂತೆ ಜಾಗರೂಕರಾಗಿರಬೇಕು ; ಸಮಾಜದ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಬಾಧಿಸುವ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಕುರಿತಾಗಿ ನಮ್ಮ ಅಭಿಪ್ರಾಯವನ್ನು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಲು ತಜ್ಞರಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಹಕ್ಕಿದೆ ಎಂದು ನಾವು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಾರದು.

ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದಿಂದ ಅಸಂಖ್ಯ ಧ್ವನಿಗಳು ಮಾನವ ಸಮಾಜ ಒಂದು ಬಿಕ್ಕಟ್ಟಿನ ಸಮಯದ ಮೂಲಕ ಹಾಯುತ್ತಿದೆ ಎಂದೂ, ಅದರ ಸ್ಥಿರತೆ ತೀವ್ರವಾಗಿ ಛಿದ್ರಗೊಂಡಿದೆ ಎಂದೂ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸುತ್ತಿವೆ, ವ್ಯಕ್ತಿಗಳು ಅವರು ಕೂಡಿರುವ ಗುಂಪುಗಳ ವಿಚಾರವಾಗಿ, ಅವುಗಳು ಚಿಕ್ಕವಿರಲಿ ಅಥವ ದೊಡ್ಡವಿರಲಿ, ಅನಾದರ ತೋರಿಸುವುದು ಅದಕ್ಕಿಂತ ಮುಂದೆ ಹೋಗಿ ಅವುಗಳಿಗೆ ಪ್ರತಿಕೂಲವಾಗಿ ವರ್ತಿಸುವುದು ಇಂಥ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯ ಲಕ್ಷಣ. ನಾನು ಹೇಳುವುದು ಏನೆಂಬುದನ್ನು ಸರಿಯಾಗಿ ತಿಳಿಸಲು ನನ್ನ ವೈಯ್ಯಕ್ತಿಕ ಅನುಭವವನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಉಲ್ಲೇಖಿಸುತ್ತೇನೆ. ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ನಾನು ಒಬ್ಬ ಒಳ್ಳೆಯ ಬುದ್ಧಿವಂತ ಮತ್ತು ಸದಭಿಪ್ರಾಯವುಳ್ಳ ಮನುಷ್ಯನೊಂದಿಗೆ ಇನ್ನೊಂದು ಯುದ್ಧದ ಭೀತಿಯನ್ನು ಕುರಿತು ಚರ್ಚಿಸಿದೆ; ಇನ್ನೊಂದು ಯುದ್ಧ ನಡೆದರೆ ಅದು ಮಾನವ ಕುಲದ ಅಸ್ತಿತ್ವಕ್ಕೆ ಮಾರಕವಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದು ನನ್ನ ಅಭಿಪ್ರಾಯ. ಆದುದರಿಂದ ಅತಿ ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಸಂಸ್ಥೆಯೊಂದು ಅಂಥ ವಿಪತ್ತಿನಿಂದ ಜಗತ್ತನ್ನು ಪಾರುಮಾಡಬಲ್ಲದು. ಎಂದು ಹೇಳಿದೆ. ಆಗ ಆ ಭೇಟಿಕಾರ, ತುಂಬ ಶಾಂತಚಿತ್ತನಾಗಿಯೆ, '' ನೀವು ಮಾನವ ಸಂತತಿ ಅಳಿಸಿಹೋಗುವುದಕ್ಕೆ ಇಷ್ಟೇಕೆ ವಿರೋಧವಾಗಿದ್ದೀರಿ ? '' ಎಂದು ಕೇಳಿದ. ನನಗೆ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಗೊತ್ತು, ಕೇವಲ ಒಂದು ಶತಮಾನದ ಹಿಂದೆ, ಯಾರು ಕೂಡ ಇಷ್ಟು

ಹಗುರವಾದ ಇಂಥ ಮಾತಾಡುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ, ಆಂತರಿಕ ಸಮತೋಲನವನ್ನು ಪಡೆಯಲು ವ್ಯರ್ಥವಾಗಿ ಶ್ರಮಿಸಿ, ಜಯದ ವಿಶ್ವಾಸವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡಿರುವ ಮನುಷ್ಯ ಆಡುವಂಥ ಮಾತಿದು ; ಇಂದಿನ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಮಂದಿ ಅನುಭವಿಸುತ್ತಿರುವ ನೋವಿನ ಒಂಟಿತನ ಮತ್ತು ಬೇರ್ಪಡಿಕೆಯ ಭಾವ ಇದು. ಇದಕ್ಕೆ ಏನು ಕಾರಣ ? ಇದರಿಂದ ಪಾರಾಗುವ ದಾರಿ ಇದೆಯೆ? ಇಂಥ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಕೇಳುವುದು ಸುಲಭ, ಆದರೆ ಅವುಗಳಿಗೆ ಇನಿತಾದರೂ ಭರವಸೆಯಿಂದ ಉತ್ತರ ಹೇಳುವುದು ಕಷ್ಟ. ನಮ್ಮ ಭಾವನೆಗಳು ಮತ್ತು ಹೋರಾಟಗಳು ಪದೇ ಪದೇ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ವಿರೋಧವಾಗಿರುತ್ತವೆ, ಮಸುಕಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳನ್ನು ಸುಲಭ ಮತ್ತು ಸರಳಸೂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಅಭಿವ್ಯಕ್ತಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಅರಿವು ನನಗಿದ್ದರೂ ನನ್ನ ಕೈಲಿ ಎಷ್ಟು ಸಾಧ್ಯವೊ ಅಷ್ಟು ಪ್ರಯತ್ನಪಡುತ್ತೇನೆ.

ತನ್ನ ವ್ಯಕ್ತಿಗತ ಅಭಿಲಾಷೆಗಳನ್ನು ತೃಪ್ತಿಪಡಿಸಲು ಮತ್ತು ಅವನ ಅಂತರ್ಗತ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಬೆಳೆಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಮನುಷ್ಯ ತನ್ನ ವೈಯ್ಯಕ್ತಿಕ ಮತ್ತು ಅವನಿಗೆ ತೀರ ಹತ್ತಿರವಾದವರ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಉಳಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತಾನೆ. ಸಾಂಘಿಕ ವ್ಯಕ್ತಿಯಾಗಿ ಅವನು ತನ್ನ ಅನುಚರರ ಪ್ರೇಮವನ್ನೂ, ಮಾನ್ಯತೆಯನ್ನೂ ಗಳಿಸಲು ಶ್ರಮಿಸುತ್ತಾನೆ, ಅವರ ಕಷ್ಟಸುಖದಲ್ಲಿ ಭಾಗಿಯಾಗಿ ಜೀವನ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಉತ್ತಮಪಡಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಪಡುತ್ತಾನೆ. ವೈವಿಧ್ಯಮಯ ಹಾಗು ಪರಸ್ಪರ ವಿರೋಧವಾಗಿರುವ ಹೋರಾಟಗಳೆ ಮನುಷ್ಯನ ವಿಶೇಷ ಸ್ವಭಾವಕ್ಕೆ ಕಾರಣ. ಇವುಗಳ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಂಯೋಗವೆ ಎಷ್ಟರ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಒಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿ ತನ್ನ ಆಂತರಿಕ ಸಮತೋಲನವನ್ನು ಸಾಧಿಸುತ್ತಾನೆ ಮತ್ತು ಸಮಾಜದ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ಕಾರಣನಾಗುತ್ತಾನೆ ಎಂಬುದನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವುದು. ಈ ಎರಡು ಪ್ರವೃತ್ತಿಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಅನುವಂಶೀಯತೆಯಿಂದ ನಿರ್ಧರವಾಗಬಹುದು. ಆದರೆ ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಪ್ರಕಟವಾಗುವ ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವ ಮನುಷ್ಯ ಬೆಳೆಯುವಾಗ ಅವನ ಸುತ್ತ ಇದ್ದ ಪರಿಸರದಿಂದ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ; ಅವನು ಬೆಳೆಯುವ ಸಮಾಜದ ರಚನೆ, ಆ ಸಮಾಜ ಹಮ್ಮಿಕೊಂಡು ಬಂದಿರುವ ಸಂಪ್ರದಾಯ ಮತ್ತು ಅದು ಕೆಲವು ಬಗೆಯ ನಡವಳಿಕೆಗಳನ್ನು ಬೆಲೆಕಟ್ಟುವ ರೀತಿ ಇವೆಲ್ಲ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರುತ್ತವೆ. ಒಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯನಿಗೆ "ಸಮಾಜ" ಎಂಬ ಅಮೂರ್ತ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯಿಂದ ಒದಗುವ ಅರ್ಥ ಅವನ ಸಮಕಾಲೀನರು ಮತ್ತು ಹಿಂದಿನ ಎಲ್ಲ ತಲೆಮಾರಿನವರೊಂದಿಗೆ ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಮತ್ತು ಅಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಸಂಬಂಧಗಳ ತಿಳಿವು. ವ್ಯಕ್ತಿ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ಯೋಚಿಸಬಲ್ಲ, ಅನುಭವಿಸಬಲ್ಲ ಮತ್ತು ಹೋರಾಡಬಲ್ಲ. ಆದರೆ ಅವನು ಭೌತಿಕ, ಬೌದ್ಧಿಕ ಮತ್ತು ಭಾವಾವೇಶ ಬದುಕಿನಲ್ಲಿ ಸಮಾಜದ ಮೇಲೆ ಅಷ್ಟೊಂದು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದರಿಂದ ಅವನನ್ನು ಸಮಾಜದ ಚೌಕಟ್ಟಿನಿಂದ ಹೊರಗೆ ನಿಲ್ಲಿಸಲು, ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಆಗುವುದೆ ಇಲ್ಲ. ಮನುಷ್ಯನಿಗೆ ಆಹಾರ, ಬಟ್ಟೆ, ಮನೆ, ಕೆಲಸಮಾಡಲು ಉಪಕರಣ, ಭಾಷೆ, ಆಲೋಚನಾ ಪ್ರಕಾರಗಳು, ಆಲೋಚ

ನೆಯ ಬಹಳಷ್ಟು ಒಳತಿರುಳು, ಎಲ್ಲದನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದು ಸಮಾಜ : ಅವನ ಬದುಕು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಿರುವುದು, ಈ ಚಿಕ್ಕ ಪದ "ಸಮಾಜ" ಎಂಬುದರ ಹಿಂದೆ ಅಡಗಿರುವ ಇಂದಿನ ಮತ್ತು ಹಿಂದಿನ ಅಸಂಖ್ಯಾತ ಜನರ ದುಡಿಮೆ ಮತ್ತು ಸಾಧನೆ.

ವ್ಯಕ್ತಿಯು ಸಮಾಜವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದರಿಂದ, ಒಂದು ನೈಸರ್ಗಿಕ ವಸ್ತುಸ್ಥಿತಿ, ಸಮಾಜದೊಂದಿಗಿನ ಅವನ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಅಳಿಸಿಹಾಕುವುದು, ಇರುವೆಗಳ ಮತ್ತು ಜೇನುನೊಣಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೊ ಹಾಗೆಯೇ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಇರುವೆಗಳು ಮತ್ತು ಜೇನುನೊಣಗಳ ಜೀವನ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ಅತಿಸೂಕ್ಷ್ಮ ವಿವರಗಳವರೆಗೆ ಅನುವಂಶಿಕ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯಿಂದ ನಿಯಂತ್ರಿತಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಸಾಮಾಜಿಕ ಮಾದರಿ ಮತ್ತು ಮನುಷ್ಯರ ನಡುವಿನ ಸಂಬಂಧಗಳು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವಂಥವು ಮತ್ತು ಬದಲಾವಣೆಗೆ ಗುರಿಯಾಗುವಂಥವು. ಸ್ಮರಣಶಕ್ತಿ, ಹೊಸ ಸಂಯೋಗಗಳನ್ನು ರೂಢಿಸುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ, ವಾಚಿಕ ಸಂಪರ್ಕಸಾಧನದತ್ತಿ ಇವು ಜೈವಿಕ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿಂದಲೆ ಒತ್ತಾಯಿಸಲ್ಪಡದಂಥ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿವೆ. ಅಂಥ ಬೆಳವಣಿಗೆಗಳು ಸಂಪ್ರದಾಯ, ಸಂಘಸಂಸ್ಥೆಗಳು, ಸಾಹಿತ್ಯ ಮತ್ತು ಕಲೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟವಾಗುತ್ತವೆ. ಇದು ಮನುಷ್ಯ, ಒಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅವನ ನಡತೆಯಿಂದ ಬದುಕನ್ನು ಪ್ರಭಾವಿಸಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಬುದ್ಧಿಪೂರ್ವಕವಾದ ಆಲೋಚನೆ ಮತ್ತು ಅಪೇಕ್ಷೆ ಒಂದು ಪಾತ್ರ ನಿರ್ವಹಿಸಬಹುದು.

ಹುಟ್ಟಿದಾಗ ಮನುಷ್ಯ ಅನುವಂಶೀಯತೆಯಿಂದ, ಮನುಷ್ಯ ಜಾತಿಯ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಒತ್ತಡಗಳೊಂದಿಗೆ, ಒಂದು ಜೈವಿಕ ಮನಃಪ್ರಕೃತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತಾನೆ ; ಇದನ್ನು ನಾವು ಬದಲಿಸಲಾಗದುದೂ ಮತ್ತು ಸ್ಥಾಯಿಯಾದುದು ಎಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಇದರ ಜೊತೆಗೆ ಅವನು ತನ್ನ ಜೀವಿತಕಾಲದಲ್ಲಿ, ಸಮಾಜದಿಂದ, ಸಂಪರ್ಕಸಾಧನದ ಮೂಲಕ ಮತ್ತು ಅನೇಕ ಪ್ರಭಾವಗಳ ಮೂಲಕ, ಒಂದು ಸಾಂಸ್ಕೃತಿಕ ಮನಃಪ್ರಕೃತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತಾನೆ. ಈ ಸಾಂಸ್ಕೃತಿಕ ಮನಃಪ್ರಕೃತಿ, ಕಾಲಕಳೆದಂತೆ, ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುವಂಥದು ಮತ್ತು ಇದು ಬಹಳಮಟ್ಟಿಗೆ ವ್ಯಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಸಮಾಜದ ನಡುವಿನ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತದೆ. ಆಧುನಿಕ ಮಾನವವಿಜ್ಞಾನ, ಪುರಾತನ ಸಂಸ್ಕೃತಿಗಳ ತುಲನಾತ್ಮಕ ಸಂಶೋಧನೆಯಿಂದ, ಮನುಷ್ಯನ ನಡತೆ ಅವನು ಇರುವ ಸಮಾಜದಲ್ಲಿ ಪ್ರಭಾವಿ ಸಂಘಸಂಸ್ಥೆಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಚಾಲ್ತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಸಾಮಾಜಿಕ ಮಾದರಿಗಳನ್ನೂ ಅನುಸರಿಸಿ ಬಹಳಷ್ಟು ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಆಗಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ನಮಗೆ ಬೋಧಿಸಿದೆ. ಮನುಷ್ಯನ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಸುಧಾರಿಸಲು ಹೋರಾಡುತ್ತಿರುವವರು ತಮ್ಮ ಆಸೆಗೆ ಒಂದು ನೆಲೆಯನ್ನು ಕಾಣುವುದು ಇಲ್ಲಿಯೆ. ಮನುಷ್ಯರು, ಅವರ ಜೈವಿಕ ಪ್ರಕೃತಿಯಿಂದ, ಒಬ್ಬರನ್ನೊಬ್ಬರು ನಾಶಪಡಿಸಲು ಶಾಪಗ್ರಸ್ಥರೇನೂ ಆಗಿಲ್ಲ ; ಅವರು ತಾವೆ ತಮ್ಮ ಮೇಲೆ ಹೇರಿಕೊಂಡ ಕ್ರೂರವಿಧಿಯ ಕೃಪೆಯಲ್ಲಿ ಬದುಕಬೇಕಾದುದೇನೂ ಇಲ್ಲ.

ಮನುಷ್ಯನ ಬದುಕನ್ನು ಎಷ್ಟು ಸಾಧ್ಯವೊ ಅಷ್ಟು ಸಫಲಗೊಳಿಸಲು ನಾವು

ಸಮಾಜದ ರಚನೆಯನ್ನು ಮತ್ತು ಅವನ ಸಾಂಸ್ಕೃತಿಕ ನಿಲುವನ್ನು ಹೇಗೆ ಬದಲಾಯಿಸಬೇಕು ಎಂದು ಪ್ರಶ್ನೆಹಾಕಿಕೊಂಡರೆ ಕೆಲವು ಬದಲಾಯಿಸಲು ಆಗದಂಥ ಸ್ಥಿತಿಗಳು ಇವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸದಾಕಾಲ ತಿಳಿದಿರಬೇಕು. ಹಿಂದೆ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದಂತೆ, ಮನುಷ್ಯನ ಜೈವಿವ ಪ್ರಕೃತಿ, ಕಾರ್ಯತಃ ಎಲ್ಲ ಉದ್ದೇಶಕ್ಕು, ಬದಲಾವಣೆಗೆ ಒಗ್ಗುವಂಥದಲ್ಲ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ ಕಳೆದ ಕೆಲವು ಶತಮಾನಗಳ ತಾಂತ್ರಿಕ ಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಜನಾಂಗ ಸ್ಥಿತಿಯ ಬೆಳವಣಿಗೆಗಳು ಅಳಿಸಲಾಗದಂಥ ಕೆಲವು ವಸ್ತುಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸಿವೆ. ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ಜನಸಾಂದ್ರತೆಯುಳ್ಳ ದೇಶಗಳಲ್ಲಿ, ಬಿಡದೆ ಮುಂದುವರಿಯುವ ಅವುಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವಕ್ಕಾಗಿ, ಬೇಕಾಗುವ ವಸ್ತುಗಳ ಉತ್ಪಾದನೆಗೆ ಪರಮಾವಧಿ ದುಡಿಮೆ ವಿಭಜನೆ ಮತ್ತು ಅತಿಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾದ ಉತ್ಪಾದನಾ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಇರುವುದು ನಿರುಪಾಧಿಕವಾಗಿ ಅವಶ್ಯಕ. ಹಿಂದಕ್ಕೆ ನೋಡಿದರೆ, ಒಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿ ಅಥವ ಚಿಕ್ಕ ಗುಂಪುಗಳು ಸ್ವಯಂಪರಿಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಬದುಕಲು ಅನುಕೂಲವಾಗಿದ್ದ, ಮನೋಹರವಾದ ಗ್ರಾಮೀಣ ಬದುಕನ್ನು ಕಾಣುವ, ಆ ಕಾಲ ಹೋಗಿದೆ. ಈಗಾಗಲೆ ಪ್ರಪಂಚದ ಜನರೆಲ್ಲ ಉತ್ಪಾದನೆ ಮತ್ತು ಬಳಕೆಯಿಂದಾಗಿ ಒಂದು ಗ್ರಹದ ಜನಾಂಗವಾಗಿದ್ದಾರೆ ಎಂದು ಹೇಳುವುದು ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚಿನ ಉತ್ಪ್ರೇಕ್ಷೆ ಆಗಬಹುದು ಅಷ್ಟೆ.

ನಾನು ಈಗ ನನಗೆ ತೋರುವಂತೆ ನಮ್ಮ ಕಾಲದ ಬಿಕ್ಕಟ್ಟಿನ ತಿರಳು ಏನೆಂಬುದನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಘಟ್ಟವನ್ನು ತಲುಪಿದ್ದೇನೆ. ಇದು ಸಮಾಜದೊಂದಿಗಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ನಂಟುತನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟುದು. ಈಗ ಎಂದಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ವ್ಯಕ್ತಿ ತಾನು ಸಮಾಜವನ್ನು ಆಶ್ರಯಿಸಿದ್ದೇನೆ ಎಂಬ ಅರಿವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದಾನೆ. ಆದರೆ ಅವನು ಈ ಆಶ್ರಯವನ್ನು ಒಂದು ಆಸ್ತಿ, ಒಂದು ಅವಯವ ಬಂಧನ, ಒಂದು ರಕ್ಷಾಬಲ ಎಂದು ಅನುಭವಿಸುತ್ತಿಲ್ಲ. ಅದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ತನ್ನ ನೈಸರ್ಗಿಕ ಹಕ್ಕುಗಳಿಗೆ ಅಥವ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ತನ್ನ ಆರ್ಥಿಕ ಅಸ್ತಿತ್ವಕ್ಕೆ ಇದು ಒಂದು ಬೆದರಿಕೆ ಎಂದು ಅವನು ಬಗೆಯುತ್ತಾನೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಸಮಾಜದಲ್ಲಿ ಅವನ ಸ್ಥಾನ ಎಂಥದೆಂದರೆ ಅದು ಅವನ ಸ್ವಭಾವಗತವಾದ ಸ್ವಾರ್ಥತೆಯನ್ನು ಸದಾಕಾಲ ವೃದ್ಧಿಪಡಿಸುವಂಥದು. ಸ್ವಭಾವತಃ ದುರ್ಬಲವಾದ ಅವನ ಸಾಮಾಜಿಕ ಉದ್ದೇಶಗಳು ಕ್ಷಯಿಸುತ್ತವೆ. ಎಲ್ಲ ಮನುಷ್ಯರೂ, ಸಮಾಜದಲ್ಲಿ ಅವರ ಸ್ಥಾನ ಯಾವುದೆ ಆಗಿರಲಿ, ಕ್ಷಯಿಸುವ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗೆ ಗುರಿಯಾಗಿರುತ್ತಾರೆ. ತಮಗೆ ಅರಿವಿಲ್ಲದಂತೆಯೆ ಸ್ವಾರ್ಥದ ಬಂಧಿಗಳಾಗಿರುವ ಜನ ಅಭದ್ರತೆಯನ್ನೂ, ಏಕಾಂತತೆಯನ್ನೂ ಅನುಭವಿಸುತ್ತಾರೆ ಮತ್ತು ಬದುಕಿನ ಸರಳ, ನೈಜ, ಅಮಾಯಕ ಸುಖಗಳನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡಿರುವಂತೆ ಚಡಪಡಿಸುತ್ತಾರೆ. ಸಮಾಜಕ್ಕೆ ತನ್ನನ್ನು ಅರ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ ಮನುಷ್ಯ, ಬದುಕು ಅಶಾಶ್ವತವಾಗಿದ್ದು ಅಪಾಯದಿಂದ ಕೂಡಿದ್ದರು, ಅದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅರ್ಥವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.

ನನ್ನ ಅಭಿಪ್ರಾಯದಲ್ಲಿ ಇಂದು ಇರುವ ಬಂಡವಾಳಶಾಹಿ ಸಮಾಜದ ಆರ್ಥಿಕ ಅರಾಜಕತೆಯೆ ಎಲ್ಲ ಕೆಡುಕಿಗು ಮೂಲ. ಬಲವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸದೆ, ನ್ಯಾಯಸಮ್ಮತ

ವಾಗಿ ಸ್ಥಾಪನೆಗೊಂಡಿರುವ ಕಾನೂನುಗಳಿಂದಲೆ, ಸಾಮೂಹಿಕ ದುಡಿಮೆಯ ಫಲ ಒಬ್ಬನಿಗೆ ದೊರೆಯದಂತೆ ಇನ್ನೊಬ್ಬ ಸತತವಾಗಿ ಹೋರಾಡುವ ಜನ ಇರುವ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಉತ್ಪಾದಕರ ಸಮುದಾಯ ನಮ್ಮ ಮುಂದಿರುವುದನ್ನು ನಾವು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ಉತ್ಪಾದನೆಯ ಸಾಧನಗಳು, ಬಳಕೆ ವಸ್ತುಗಳನ್ನೂ, ಯಂತ್ರಸಾಧನ ಗಳನ್ನೂ ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಎಲ್ಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆ, ವ್ಯಕ್ತಿಗಳ ಖಾಸಗಿ ಆಸ್ತಿ ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು.

ಮುಂದಿನ ಚರ್ಚೆಯಲ್ಲಿ, ಸರಳತೆಗಾಗಿ, ನಾನು ಉತ್ಪಾದನಾ ಸಾಧನಗಳ ಒಡೆತನ ದಲ್ಲಿ ಪಾಲುಗಾರಿಕೆ ಇಲ್ಲದವರನ್ನು "ಕೆಲಸಗಾರರು" ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇನೆ. ಇದು ಈ ಪದದ ಬಳಕೆಯ ಅರ್ಥವಾಗಿಲ್ಲದೆ ಇದ್ದರು, ಉತ್ಪಾದನಾ ಸಾಧನಗಳ ಮಾಲೀಕ ಕೆಲಸಗಾರನ ದುಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಖರೀದಿಸುವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲ ಇರುತ್ತಾನೆ ಎಂಬುದಂತೂ ನಿಜ. ಉತ್ಪಾದನಾ ಸಾಧನಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಕೆಲಸಗಾರ ಬಂಡವಾಳಗಾರನ ಆಸ್ತಿ ಆಗುವ ಹೊಸ ಸಾಮಾನುಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡುತ್ತಾನೆ. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ನಾವು ಗಮನಿಸಬೇಕಾದ ಅಂಶ ಕೆಲಸಗಾರ ಏನನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುತ್ತಾನೆ ಮತ್ತು ಅವನಿಗೆ ಏನು ಕೂಲಿ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ ಇವುಗಳ ನಡುವಿನ, ನಿಜವಾದ ಬೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಅಳೆದ, ಸಂಬಂಧ. ದುಡಿಮೆ ಕರಾರು ಸ್ವತಂತ್ರವಾದುದಾಗಿರುವಾಗ ಕೆಲಸಗಾರ ಏನನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತಾನೆ ಎಂಬುದು ಅವನು ಉತ್ಪಾದಿಸಿದ ವಸ್ತುಗಳ ನಿಜವಾದ ಬೆಲೆಯಿಂದ ನಿರ್ಧರವಾಗುವುದಿಲ್ಲ, ಅದು ಅವನ ಕನಿಷ್ಠ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಮತ್ತು ಉದ್ಯೋಗಕ್ಕಾಗಿ ಸ್ಪರ್ಧೆ ನಡೆಸುವ ಕೆಲಸಗಾರರ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ, ಬಂಡವಾಳಗಾರನ ದುಡಿಮೆ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಬೇಡಿಕೆಯಿಂದ ನಿರ್ಧರವಾಗುತ್ತದೆ. ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕವಾಗಿಯೂ ಕೂಡ ಕೂಲಿಕಾರನ ಪಗಾರ ಅವನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ವಸ್ತುವಿನ ಬೆಲೆಯಿಂದ ನಿರ್ಧರ ವಾಗುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ನಾವು ತಿಳಿಯುವುದು ಮುಖ್ಯ.

ಬಂಡವಾಳಗಾರರ ನಡುವೆ ಸಂಭವಿಸುವ ಸ್ಪರ್ಧೆಯಿಂದ ಮತ್ತು ತಾಂತ್ರಿಕ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಿಂದ ಖಾಸಗಿ ಬಂಡವಾಳ ಕೆಲವೆ ಜನರ ಕೈಯ್ಯಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗು ತ್ತದೆ; ಹೆಚ್ಚುತ್ತಿರುವ ದುಡಿಮೆಯ ವಿಭಜನೆಯು ಚಿಕ್ಕ ಘಟಕಗಳನ್ನು ಅಳಿಸಿ ದೊಡ್ಡ ಉತ್ಪಾದನಾ ಘಟಕಗಳ ಬೆಳವಣಿಗೆಗೆ ನೆರವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಬೆಳವಣಿಗೆಗಳ ಫಲವೆಂದರೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಜನಾಧಿಪತ್ಯದ ಖಾಸಗಿ ಬಂಡವಾಳದ ಉದಯ; ಇದರ ಅಪಾರವಾದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಪ್ರಜಾಪ್ರಭುತ್ವದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಸಂಘಟಿತವಾದ ಸಮಾಜ ಕೂಡ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಿ ನಿಯಂತ್ರಿಸುವುದು ಕಷ್ಟ. ಬಂಡವಾಳಗಾರರ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೆ ಒಳಗಾದ, ಅವರು ಕೊಡುವ ಹಣವನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸುವ, ರಾಜಕೀಯ ಪಕ್ಷಗಳು ಆರಿಸುವ ಉಮೇದುವಾರರೆ ಶಾಸನ ಸಭೆಗಳ ಸದಸ್ಯರಾದುದರಿಂದ ಇದು ನಿಜ. ಬಂಡವಾಳ ಗಾರರು, ಎಲ್ಲ ವ್ಯಾವಹಾರಿಕ ಉದ್ದೇಶಗಳ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲು, ಚುನಾಯಕ ಸಮುದಾಯ ವನ್ನು ಶಾಸನ ಸಭೆಯಿಂದ ದೂರ ಇರಿಸುತ್ತಾರೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಚುನಾಯಿತ

ಪ್ರತಿನಿಧಿಗಳು ಹಿಂದುಳಿದವರ ಹಿತವನ್ನು ಸರಿಯಾಗಿ ಕಾಪಾಡುವುದಿಲ್ಲ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಈಗಿರುವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ, ಬಂಡವಾಳಗಾರರು ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷವಾಗಿಯೊ ಅಥವ ಪರೋಕ್ಷವಾಗಿಯೊ ಎಲ್ಲ ಸಂಪರ್ಕ ಸಾಧನಗಳನ್ನೂ ಖಡ್ಡಾಯವಾಗಿ ನಿಯಂತ್ರಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ (ಪತ್ರಿಕೆ, ಆಕಾಶವಾಣಿ, ವಿದ್ಯಾಭ್ಯಾಸ). ಆದುದರಿಂದ ಯಾವುದೆ ಒಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿಗೆ ವಸ್ತುನಿಷ್ಠ ತೀರ್ಮಾನಗಳಿಗೆ ಬರುವುದು ಕಷ್ಟ, ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಅದು ಆಗುವುದೆ ಇಲ್ಲ; ಅವನು ತನ್ನ ರಾಜಕೀಯ ಹಕ್ಕುಗಳ ಪ್ರಜ್ಞಾಪೂರ್ವಕವಾದ ಉಪಯೋಗವನ್ನು ಪಡೆಯುವುದೂ ಕಷ್ಟ.

ಬಂಡವಾಳದ ಖಾಸಗಿ ಒಡೆತನದ ಮೇಲೆ ನಿಂತಿರುವ ಅರ್ಥವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸುವ ಸನ್ನಿವೇಶವನ್ನು ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ತತ್ತ್ವಗಳಿಂದ ವಿವರಿಸಬಹುದು; ಒಂದು ಉತ್ಪಾದನಾ ಸಾಧನಗಳು ಬಂಡವಾಳಗಾರರ ಖಾಸಗಿ ಒಡೆತನಕ್ಕೆ ಸೇರಿರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ಒಡೆಯರು ಅವರಿಗೆ ಬೇಕಾದಹಾಗೆ ವಿಲೇವಾರಿ ಮಾಡಬಹುದು; ಎರಡನೆಯದು ದುಡಿಮೆ ಕರಾರು ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಬಂಡವಾಳ ಸಮಾಜ ಯಾವುದೂ ಇಲ್ಲ ನಿಜ. ವಿಶೇಷವಾಗಿ, ಕೆಲಸಗಾರರು ದೀರ್ಘ ಮತ್ತು ಕಠಿಣ ರಾಜಕೀಯ ಹೋರಾಟದ ಫಲವಾಗಿ, ಕೆಲವು ಬಗೆಯ ಕೆಲಸಗಾರರಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ. ಸ್ವಲ್ಪ ಉತ್ತಮವಾದ "ಸ್ವತಂತ್ರ ದುಡಿಮೆ ಕರಾರನ್ನು" ಪಡೆದಿದ್ದಾರೆ. ಆದರೆ ಒಟ್ಟಾರೆ ನೋಡಿದಾಗ ಇಂದಿನ ಅರ್ಥವ್ಯವಸ್ಥೆ ಶುದ್ಧ ಬಂಡವಾಳಶಾಯಿಗಿಂತ ಭಿನ್ನವಾಗೇನೂ ಇಲ್ಲ. ಲಾಭಕ್ಕಾಗಿ ಉತ್ಪಾದನೆ ನಡೆಯುತ್ತದೆ, ಉಪಯೋಗಕ್ಕಾಗಿ ಅಲ್ಲ. ಕೆಲಸಮಾಡಲು ಶಕ್ತರಾಗಿರುವ ಮತ್ತು ಕೆಲಸಮಾಡಲು ಇಚ್ಛೆಯುಳ್ಳ ಎಲ್ಲರು ಉದ್ಯೋಗವನ್ನು ಪಡೆಯುವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತಾರೆಂಬ ಕಟ್ಟುಪಾಡೇನೂ ಇಲ್ಲ; ನಿರುದ್ಯೋಗಿಗಳ ಒಂದು ಸೈನ್ಯ ಯಾವಾಗಲೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಕೆಲಸಗಾರನಿಗೆ ತನ್ನ ಉದ್ಯೋಗವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಭಯ ಯಾವಾಗಲೂ ಇರುತ್ತದೆ. ನಿರುದ್ಯೋಗಿಗಳು ಮತ್ತು ಅಲ್ಪ ದುಡಿಮೆಯುಳ್ಳ ಕೆಲಸಗಾರರು ಲಾಭದಾಯಕ ಮಾರುಕಟ್ಟೆಯನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ, ಆದುದರಿಂದ ಬಂಡವಾಳಗಾರರು ಬಳಕೆ ವಸ್ತುಗಳ ಉತ್ಪಾದನೆಯನ್ನು ಮಿತಿಗೊಳಿಸುತ್ತಾರೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮ ಕಷ್ಟಕರವಾದ ಜೀವನ. ತಾಂತ್ರಿಕ ಬೆಳವಣಿಗೆ ಕೆಲಸದ ಹೊರೆಯನ್ನು ತಗ್ಗಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಅನೇಕ ಸಾರಿ ನಿರುದ್ಯೋಗವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆ. ಬಂಡವಾಳಗಾರರ ನಡುವಿನ ಪೈಪೋಟಿಯೊಂದಿಗೆ ಲಾಭದ ಪ್ರೇರಣೆ ಬಂಡವಾಳದ ಸಂಗ್ರಹಣೆ ಮತ್ತು ಉಪಯುಕ್ತತೆಯಲ್ಲಿ ಅಭದ್ರತೆಯುಂಟಾಗಲು ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಕಟುತರವಾದ ಆರ್ಥಿಕ ಮುಗ್ಗಟ್ಟು ಸಂಭವಿಸುತ್ತದೆ. ಅನಿರ್ಬಂಧಿತ ಪೈಪೋಟಿ ಭಾರಿಪ್ರಮಾಣದ ದುಡಿತದ (labour) ಅಪವ್ಯಯಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ನಾನು ಹಿಂದೆ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದ ಸಾಮಾಜಿಕಪ್ರಜ್ಞೆಯ ಕ್ಷಯಕ್ಕೂ ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆ.

ಬಂಡವಾಳ ಪದ್ಧತಿಯ ಅತಿ ಕೆಟ್ಟ ಪರಿಣಾಮವೆಂದರೆ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಈ ಕ್ಷೀಣತೆಯೆ. ನಮ್ಮ ವಿದ್ಯಾಭ್ಯಾಸದ ಒಟ್ಟು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೆ ಈ ಕೆಡುಕಿನಿಂದ ಬಾಧಿತವಾಗಿದೆ. ಅತಿ

ದೊಡ್ಡದು ಮಾಡಿದ ಸ್ಪರ್ಧಾಮನೋಭಾವವನ್ನು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳೆಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ ; ಅವನು ಅರ್ಜನೆಗೆಲವನ್ನು ಮುಂದಿನ ಜೀವನೋಪಾಯದ ತರಬೇತಿಯೆಂದು ಪೂಜಿಸುತ್ತಾನೆ.

ಈ ಕೆಡಕುಗಳನ್ನು ನಿವಾರಿಸಲು ಒಂದೆ ಒಂದು ದಾರಿ ಇದೆ ಎಂದು ನನಗೆ ಮನವರಿಕೆಯಾಗಿದೆ. ಇದು ಸಮಾಜ ಅರ್ಥವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಸ್ಥಾಪನೆ ಮತ್ತು ಅದರೊಂದಿಗೆ ಸಾಮಾಜಿಕ ಗುರಿಗಳತ್ತ ತಿರುಗಿಸಿದ ವಿದ್ಯಾಭ್ಯಾಸ ಕ್ರಮ. ಇಂಥ ಅರ್ಥವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪಾದನಾ ಸಾಧನಗಳೆಲ್ಲ ಸಮಾಜದ ಒಡೆತನದಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಉಪಯೋಗ ಒಂದು ಯೋಜನೆಗೆ ಬದ್ಧವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಯೋಜನಬದ್ಧ ಅರ್ಥವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಸಮುದಾಯದ ಬಳಕೆಗೆ ಉತ್ಪಾದನೆ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ದುಡಿಯಲು ಶಕ್ತರಾದ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಕೆಲಸದ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬ ಗಂಡು, ಹೆಣ್ಣು ಮತ್ತು ಮಗುವಿಗೆ ಜೀವನೋಪಾಯದ ಮಾರ್ಗ ಖಾತರಿಗೊಂಡಿರುತ್ತದೆ. ವ್ಯಕ್ತಿಯ ವಿದ್ಯಾಭ್ಯಾಸ, ಇಂದಿನ ಸಮಾಜದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿ ವ.ತ್ತು ಗೆಲವಿನ ವೈಭವತೆ ಇರುವಲ್ಲಿ, ಅವನ ಸಹಚರರ ಬಗ್ಗೆ ಹೊಣೆಗಾರಿಕೆಯ ಪ್ರಜ್ಞೆಯನ್ನು ಬೆಳೆಸುತ್ತದೆ.

ಇಷ್ಟಾದರೂ ಯೋಜನಬದ್ಧ ಅರ್ಥವ್ಯವಸ್ಥೆಯೆ ಸಮಾಜವಾದ ಅಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ನೆನಪಿಡಬೇಕು. ಬರಿ ಯೋಜನಬದ್ಧ ಅರ್ಥವ್ಯವಸ್ಥೆ ಆದರೆ ಅದು ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಸಂಪೂರ್ಣ ಗುಲಾಮಗಿರಿಗೆ ದಾರಿಮಾಡಿಕೊಡಬಹುದು. ಸಮಾಜವಾದದ ಸಾಧನೆ ಕೆಲವು ಅತಿ ಕ್ಲಿಷ್ಟ ಸಾಮಾಜಿಕ–ಆರ್ಥಿಕ ಸಮಸ್ಯೆಗಳ ನಿವಾರಣೆಯನ್ನು ಬಯಸುತ್ತದೆ ; ಅತಿಯಾದ ರಾಜಕೀಯ ಮತ್ತು ಆರ್ಥಿಕಶಕ್ತಿ ಕೇಂದ್ರೀಕರಣ ಆಗುವುದರಿಂದ ಅಧಿಕಾರಶಾಯಿ ಅಮಿತ ಬಲವನ್ನೂ ದರ್ಪವನ್ನೂ ಪಡೆಯುವುದನ್ನು ತಪ್ಪಿಸುವುದು ಹೇಗೆ? ಅಧಿಕಾರಶಾಯಿಗೆ ಪ್ರಜಾಪ್ರಭುತ್ವದ ಎದುರು ತೂಕವನ್ನು ಕಟ್ಟಿ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಹಕ್ಕಿನ ರಕ್ಷಣೆಯನ್ನು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸುವುದು ಹೇಗೆ?

[ಏಕೆ ಸಮಾಜವಾದ? ಎಂಬ ಲೇಖನ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಅವರು ಮಂತ್ಲಿ ರಿವ್ಯು ಮೆ 1949ರ ಮೊದಲ ಸಂಚಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸಲು ಬರೆದದ್ದು. ಬಲಾತ್ಕಾರದ ವಿರುದ್ಧ ಶೋಷಣೆಯ ವಿರುದ್ಧ ಅವರು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಿದ ಪ್ರತಿಭಟನೆಯಿಂದ ಅಮೆರಿಕದಲ್ಲಿ ಜನ ಅವರನ್ನು ಕಮ್ಯೂನಿಷ್ಟರು ಎಂದು ಕರೆದದ್ದೂ ಉಂಟು (ಇವರ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಇಂಥ ದೂರಿಗೆ ಗುರಿಯಾದವರಲ್ಲಿ ಪ್ರಮುಖರಾದವರು ಲಿನಸ್ ಪಾಲಿಂಗ್). ಮಾನವತಾವಾದಿಯಾದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಕಮ್ಯೂನಿಸಂಗೆ ಹತ್ತಿರವಾಗಿದ್ದರೆ ಅದರಿಂದ ಆಶ್ಚರ್ಯ ಪಡಬೇಕಾದುದೇನೂ ಇಲ್ಲ. ಅಂತಃ ಪ್ರೇರಣೆಯಿಂದ ಸಮಾಜದ ಒಳಿತಿಗಾಗಿ ವ್ಯಕ್ತಿ ತನ್ನನ್ನು ತಾನು ಅರ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ ಅವನಲ್ಲಿ ಸ್ವಾರ್ಥಾಭಿಲಾಷೆ ತಗ್ಗಿ ಸರ್ವರ ಹಿತಸಾಧನೆ ಆಗುತ್ತದೆಂಬ ನಂಬಿಕೆ ಅವರದು. ಇದಕ್ಕೆ ಸಹಕಾರಿಯಾದ ಅರ್ಥವ್ಯವಸ್ಥೆ, ವಿದ್ಯಾಭ್ಯಾಸ ಕ್ರಮ ಯಾವ "ಇಸಂ"ನಿಂದ ಸಾಧ್ಯವಾದರು ಅದಕ್ಕೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವಿರೋಧವಾಗಿರಲಿಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಇಲ್ಲಿ ಗ್ರಹಿಸುವುದು ಸುಲಭ. ಲೇಖನದ ಕನ್ನಡ ಅನುವಾದ : ಡಾ. ಎಚ್. ಸಂಜೀವಯ್ಯ.]

ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಫೋಟಾನು ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯ ಸೂಚನೆ

(ಬೆಳಕಿನ ಉತ್ಸರ್ಜನೆ ಮತ್ತು ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಸ್ವಯಂಗ್ರಹಿಕೆಯ ಒಂದು ದೃಷ್ಟಿಯನ್ನು ಕುರಿತು)

ಅನಿಲಗಳ ಮತ್ತು ಇತರ ಭಾರಯುತವಾದ ಕಾಯಗಳ ಬಗೆಗೆ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮಾಡಿಕೊಂಡಿರುವ ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳ ಮತ್ತು ಶೂನ್ಯವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸುವ ಬರಿ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ನಡುವೆ ಕ್ರಮಬದ್ಧವಾದ ಒಂದು ಅತ್ಯಂತ ಮಹತ್ತರ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿದೆ. ಒಂದು ಕಾಯದ ಸ್ಥಿತಿಯು, ಬಹು ಅಗಾಧ, ಆದರೂ ಸಾಂತವಾದ, ಪರಮಾಣು ಹಾಗೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸ್ಥಾನ ಮತ್ತು ವೇಗಗಳಿಂದ ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂದು ನಾವು ಯೋಚಿಸುವುದಾದರು, ದತ್ತಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಸಂತತವಾದ ಆಕಾಶೀಯ ಉತ್ಪನ್ನಗಳನ್ನು ನಾವು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ, ಮತ್ತು ಅಂತಹ ಒಂದು ಸ್ಥಿತಿಯ ಪೂರ್ಣನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ಸಾಂತ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪ್ರಾಚಲ (parameter)ಗಳು ಸಾಕಾಗುವುವೆಂದು ತಿಳಿಯಲು ಆಗುವುದಿಲ್ಲ. ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ, ಬೆಳಕನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡಂತೆ ಎಲ್ಲಾ ಸ್ವಚ್ಛವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರಕೃತಿಘಟನೆಯ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯು ಸಂತತವಾದ ಆಕಾಶೀಯ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿದೆ ಯೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಬೇಕು, ಆದರೆ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಇಂದಿನ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ, ಒಂದು ಭಾರಯುತವಾದ ವಸ್ತುವಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪರಮಾಣು ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಮೇಲಣ ಒಂದು ಮೊತ್ತವಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು. ಭಾರಯುತವಾದ ಕಾಯದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ ಅನೇಕ ಅಥವಾ ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ ಅಲ್ಪಭಾಗಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಭಜಿಸಲಾಗದು, ಆದರೆ ಒಂದು ಬಿಂದು ಆಕರದಿಂದ ಬರುವ ಬೆಳಕಿನ ದೂಲದ ಶಕ್ತಿಯು (ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ಲನ ಬೆಳಕಿನ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ಅಥವಾ, ಹೆಚ್ಚು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ಯಾವುದಾದರು ಅಲೆ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ) ತದೇಕವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಿರುವ ಗಾತ್ರದಮೇಲೆ ಸತತವಾಗಿ ಹರಡಲ್ಪಡುತ್ತದೆ.

ಸಂತತ ಆಕಾಶೀಯ ಉತ್ಪನ್ನಗಳಿಂದ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುವ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆ

ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ದ್ಯುತಿಪ್ರಕೃತಿ ಘಟನೆಯ ಪ್ರಾತಿನಿಧ್ಯದ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿದೆ ಮತ್ತು ಇದು ಪ್ರಾಯಶಃ ಬೇರೆ ಯಾವ ಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ ಸ್ಥಾನಾಂತರಗೊಳ್ಳದಿರಲೂಬಹುದು. ಎಷ್ಟೇ ಆದರೂ, ದ್ಯುತೀಯ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳು ತಾತ್ಕಾಲಿಕ ಮೌಲ್ಯಗಳಿಗಿಂತ ಕಾಲದ ಸರಾಸರಿಗೆ ಅನ್ವಯ ಆಗುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಸಮನ, ಪ್ರತಿಫಲನ, ವಕ್ರೀಭವನ, ವರ್ಣವಿಭಜನೆ ಇತ್ಯಾದಿಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಿದಂತೆ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪೂರ್ಣ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ದೃಢೀಕರಣ ಇದ್ದಾಗ್ಯೂ ಸಂತತ ಆಕಾಶೀಯ ಉತ್ಪನ್ನಗಳಿಂದ ವರ್ತಿಸುವ ದ್ಯುತಿಸಿದ್ಧಾಂತವು ಬೆಳಕಿನ ಉತ್ಸರ್ಜನಾ ಮತ್ತು ಪರಿವರ್ತನಾ ಪ್ರಕೃತಿಘಟನೆಗೆ ಅದನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿದಾಗ ಅನುಭವಕ್ಕೆ ವಿರೋಧವಾಗಿ ಹೋಗಬಹುದೆಂದು ಈಗಲು ಗ್ರಹಿಸಬಹುದು.

ಕಪ್ಪುಕಾಯದ ರಶ್ಮಿ, ಸ್ಫುರದೀಪ್ತಿ, ಅತಿನೀಲ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳ ಉತ್ಪನ್ನ ಮತ್ತು ಬೆಳಕಿನ ವಿಸರಣ ಅಥವಾ ಪರಿವರ್ತನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಇತರ ಪ್ರಕೃತಿ ಘಟನೆಗಳು ಬೆಳಕಿನ ಶಕ್ತಿಯು ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಬಿಡಿಬಿಡಿಯಾಗಿ ಹಂಚಿಕೆ ಯಾಗಿದೆಯೆಂದು ನಾವು ಊಹಿಸಿಕೊಂಡರೆ ಹೆಚ್ಚು ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳ ಲಾಗುವುದೆಂದು ನನಗೆ ಅನ್ನಿಸುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಪರಿಗಣಿಸುವ ಊಹನೆಗಳಿಗನುಗುಣವಾಗಿ ಒಂದು ಬಿಂದು ಆಕರದಿಂದ ಹೊರಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಬೆಳಕಿನ ಶಕ್ತಿಯು ವಿಸ್ತರಿಸುತ್ತಿರುವ ಆಕಾಶದಮೇಲೆ ಸಂತತವಾಗಿ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿಲ್ಲ, ಆದರೆ ವಿಭಜನೆಯಾಗದೆ ಚಲಿಸುವ, ಆಕಾಶದಲ್ಲಿನ ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗಿರುವ ಮತ್ತು ಪೂರ್ಣಘಟಕಗಳಂತೆ ಮಾತ್ರ ಉತ್ಪತ್ತಿಗೊಳ್ಳುವ ಮತ್ತು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳಲ್ಪಡುವ ಸಾಂತಸಂಖ್ಯೆಯ ಶಕ್ತಿ ಕ್ವಾಂಟಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿದೆ.

ಕೆಲವು ಸಂಶೋಧಕರಿಗೆ ಅವರ ಸಂಶೋಧನೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಮಾರ್ಗ ಅನುಕೂಲ ವಾಗಬಹುದೆಂಬ ಆಸೆಯಿಂದ, ನನ್ನ ಈ ದೃಷ್ಟಿಗೆ ಎಳೆದುತಂದ ಆಲೋಚನಾ ಸರಣಿ ಮತ್ತು ಸಂಗತಿಗಳನ್ನು ಈ ಕೆಳಗೆ ನಾನು ಮಂಡಿಸಲಿಚ್ಛಿಸುತ್ತೇನೆ.

ಕಪ್ಪುಕಾಯ ರಶ್ಮಿಯ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಒಂದು ತೊಡಕನ್ನು ಕುರಿತು

ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ಲನ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಲ್ಲಿ ತಾಳಿದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ನಾವು ಮೊದಲು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿ ಈ ಕೆಳಕಂಡ ಸಂಗತಿ ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಪ್ರತಿಫಲನ ಗೋಡೆಗಳಿಂದ ಆವೃತಗೊಂಡ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ, ಬಹುಹತ್ತಿರ ಬಂದಾಗ ಪರಸ್ಪರ ರಕ್ಷಕ (Conservative) ಬಲಗಳನ್ನು ಆರೋಪಿಸುವ ಮತ್ತು ಚಲಿಸಲು ಮುಕ್ತ ವಾಗಿರುವ ಅನೇಕ ಅನಿಲ ಅಣುಗಳು ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಅಲ್ಲಿರಲಿ; ಅಂದರೆ

ಅನಿಲಗಳ ಚಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿನ ಅಣುಗಳಂತೆ[1] ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಇನ್ನೊಂದರೊಡನೆ ಸಂಘಟ್ಟನೆಗೊಳ್ಳಬಲ್ಲುವು. ಇನ್ನೂ ಮುಂದೆ, ವಿಶಾಲವಾಗಿ ಬೇರ್ಪಡಿಸಿರುವ ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಈ ಬಿಂದುಗಳಿಂದ ಅವುಗಳ ದೂರಗಳಿಗೆ ಅನುಪಾತದಲ್ಲಿರುವ ಬಲಗಳಿಂದ ಬಂಧಿತಗೊಂಡಿರುವ ಅನೇಕ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳೂ ಅಲ್ಲಿರಲಿ. ಬಂಧಿತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಸಹ ಮುಕ್ತ ಅಣುಗಳು ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳೊಡನೆ ಅವು ಹತ್ತಿರಬಂದಾಗ ರಕ್ಷಕ ಅಂತರ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವುವು. ಬಂಧಿತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ನಾವು 'ಆಂದೋಲಕಗಳೆಂದು' ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ; ಅವುಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಆವರ್ತಕಾಲಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವುವು ಮತ್ತು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುವುವು.

ಬೆಳಕಿನ ಉತ್ಪನ್ನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಈಗಿನ ದೃಷ್ಟಿಯ ಪ್ರಕಾರ, ನಾವು ಪರಿಗಣಿಸುತ್ತಿರುವ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿನ ರಶ್ಮಿಯು (ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ಲ್ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕನುಸಾರವಾಗಿ ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ (dynamic) ಸಮತೋಲನದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಕಂಡಿರುವ ರಶ್ಮಿ) ಕಪ್ಪುಕಾಯದ ರಶ್ಮಿಗೆ ತದ್ರೂಪವಾಗಿರಲೇಬೇಕು—ಕೊನೆಯ ಪಕ್ಷ ಎಲ್ಲಾ ಸೂಕ್ತ ಕಂಪನಾಂಕಗಳ ಆಂದೋಲಕಗಳು ಅಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಪರಿಗಣಿಸಿದರೆ.

ಸದ್ಯಕ್ಕೆ, ಆಂದೋಲಕಗಳಿಂದ ಹೀರಲ್ಪಟ್ಟ ಮತ್ತು ಉತ್ಸರ್ಜಿತಗೊಂಡ ರಶ್ಮಿಯನ್ನು ನಾವು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳದೆ ಅಣುಗಳು ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಅಂತರ ಕ್ರಿಯೆಗಳೊಡನೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ ಸಮತೋಲನ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಅನ್ವೇಷಣೆ ಮಾಡೋಣ. ಒಂದು ಆಂದೋಲಕ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಸರಾಸರಿ ಚಲನಶಕ್ತಿಯು ಸ್ಥಾನಾಂತರಗೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವ ಅನಿಲ ಅಣುವಿನ ಸರಾಸರಿ ಚಲನಶಕ್ತಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರಲೇಬೇಕೆಂಬುದನ್ನು ಅನಿಲಗಳ ಚಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಸ್ಪಷ್ಟೀಕರಿಸುತ್ತದೆ. ಆಂದೋಲಕ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಚಲನೆಯನ್ನು ಪರಿಸ್ಪರ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಮೂರು ಘಟಕಗಳಿಗೆ ನಾವು ಬೇರ್ಪಡಿಸಿದರೆ, ಈರೇಖೀಯ (linear) ಘಟಕಗಳಲ್ಲೊಂದರ ಸರಾಸರಿ ಶಕ್ತಿ E ಗೆ,

$$\bar{E}=(R/N)T$$

ಎಂಬ ಗಣಿತೋಕ್ತಿಯನ್ನು ನಾವು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುತ್ತೇವೆ. ಇಲ್ಲಿ R ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಅನಿಲ ನಿಯತಾಂಕವನ್ನೂ, N ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ಸಮದಲ್ಲಿ 'ನೈಜ ಅಣುಗಳ' ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನೂ ಮತ್ತು T ನಿರಪೇಕ್ಷತಾಪವನ್ನೂ ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ. ಆಂದೋಲಕದ ಚಲನ

---

[1] ಈ ಊಹನೆಯು ಉಷ್ಣಸಮಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಅನಿಲ ಅಣುಗಳು ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸರಾಸರಿ ಚಲನಶಕ್ತಿಗಳು ಒಂದು ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುವೆಂದು ಹೇಳುವುದಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾಗಿದೆ. ಈ ಊಹನೆಯ ಸಹಾಯದಿಂದ, ಹೆರ್ ಡ್ರೂಡೆಯು ಲೋಹಗಳ ಉಷ್ಣೀಯ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದೀಯ ವಾಹಕಗುಣಕಗಳ ಪ್ರಮಾಣಾಂಕಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸಿದ್ಧಾಂತೋಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದನೆಂಬುದು ಚೆನ್ನಾಗಿ ತಿಳಿದಿರುವ ವಿಷಯವಾಗಿದೆ.

ಮತ್ತು ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಗಳ ಕಾಲದ ಸರಾಸರಿ ಮೌಲ್ಯಗಳ ನಡುವಣ ಸಮತೆಯ ಕಾರಣ $\overline{E}$ ಶಕ್ತಿಯು ಮುಕ್ತ ಏಕಪರಮಾಣೀಯ ಅನಿಲಕಣದ ಚಲನಶಕ್ತಿಯ ಮೂರರನೆ ಎರಡರಷ್ಟಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿದೆ. ಯಾವುದಾದರು ಕಾರಣದಿಂದ—ನಮ್ಮ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ರಶ್ಮಿಕ್ರಿಯೆಗಳ ಮೂಲಕ—ಒಂದು ಆಂದೋಲಕ ಶಕ್ತಿಯು ಕಾಲದ ಸರಾಸರಿ ಮೌಲ್ಯದಲ್ಲಿ $\overline{E}$ ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಇಲ್ಲವೆ ಕಡಿಮೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡಂತಾದರೆ, ಆಗ ಮುಕ್ತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಮತ್ತು ಅಣುಗಳೊಡನೆ ಆಗುವ ಸಂಘಟ್ಟಣೆಗಳು, ಸರಾಸರಿಯಲ್ಲಿ ಸೊನ್ನೆಯಿಂದ ವಿಭಿನ್ನವಾದ, ಅನಿಲದಿಂದ ಶಕ್ತಿಯ ಗ್ರಾಸ ಅಥವಾ ಲಾಭಕ್ಕೆ ಎಡೆಮಾಡುವುವು. ಆದ್ದರಿಂದ, ನಾವು ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ, ಪ್ರತಿ ಆಂದೋಲಕವು ಸರಾಸರಿ ಶಕ್ತಿ $\overline{E}$ ಪಡೆದಿದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ ಸಮತೋಲನ ಸಾಧ್ಯ.

ಟೊಳ್ಳುಗೋಳದಲ್ಲಿರುವ ರಶ್ಮಿ ಮತ್ತು ಆಂದೋಲಕಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಾದೃಶ ವಾದವೊಂದನ್ನು ಮಂಡಿಸಲು ಈಗ ನಾವು ಮುಂದುವರಿಯೋಣ. ರಶ್ಮಿ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ (ಯಾದರಿಚ್ಛಿತ್) ಒಂದು ಯದ್ವಾ ತದ್ವಾ ಕ್ರಿಯೆಯೆಂದು[2] ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದೆಂಬ ಊಹೆಯಿಂದ ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ ಸಮತೋಲನದ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಹೆರ್ ಪ್ಲಾಂಕನು ಪಡೆದಿದ್ದಾನೆ.

{ [2] M. ಪ್ಲಾಂಕ್ Ann Physik 1, 99 (1900) }

[3] ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಈ ಕೆಳಕಂಡ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ರೂಪಿಸಬಹುದು:, $t = 0$ ಮತ್ತು $t = T$ ನಡುವಣ ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ ಬಿಂದುವೊಂದರಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಲದ z ಅಂಗವನ್ನು (z), $A_\nu \geqq 0$ ಮತ್ತು $0 \leqq a_\nu \leqq 2\pi$ ಇರುವ ಫೋರಿಯರ್ ಶ್ರೇಣಿಯಲ್ಲಿ ನಾವು ವಿಸ್ತರಿಸುವೆವು;

$$Z = \sum_{\nu=0}^{\nu=b} A_\nu \, Sin \left(2\pi\nu \frac{t}{T} + a_\nu \right)$$

ಇಲ್ಲಿ T ಕಾಲವನ್ನು ವಾಸ್ತವವಾಗಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಆಂದೋಲನ ಕಾಲಗಳಿಗಿಂತ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಬಹು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವಂತೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡಿದೆ.

ಆಕಾಶದ ದತ್ತಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಯಾದೃಚ್ಛಿಕವಾಗಿ ಆಯ್ಕೆಮಾಡಿದ ಕಾಲದ ಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ ಈ ವಿಸ್ತರಣವನ್ನು ಯಾದೃಚ್ಛಿಕವಾಗಿ ಪದೇ ಪದೇ ಮಾಡುತ್ತಿರುವಂತೆ ಯಾರಾದರೂ ಊಹಿಸಿಕೊಂಡರೆ, A_ν ಮತ್ತು a_ν ಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳ ಅನೇಕ ಗಣಗಳನ್ನು ಯಾರಾದರೂ ಪಡೆಯಬಲ್ಲರು. ಆಗ A_ν ಮತ್ತು a_ν ಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳ ವಿವಿಧಗಣಗಳುಂಟಾಗುವ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯ (ಸಾಂಖ್ಯಿಕ) ಸಂಭಾವ್ಯತೆ dwಗಳ ರೂಪ

$$dw = f(A_1 A_2 \ldots . a_1 a_2 \ldots .) \; dA_1 \, dA_2 \ldots . da_1 \, da_2 \ldots .$$

ಸಂಭವಿಸುವುದು.

$$f(A_1 A_2 \ldots . a_1 a_2 \ldots .) = F_1 (A_1) F_2 (A_2 \ldots . f_1(a_1) f_2(a_2)$$

ಆತನು, $(\bar{E}_v) = \left(\frac{L^3}{8\pi_v{}^2} \right) \rho_v$

ಎಂಬುದಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದಾನೆ, ಇಲ್ಲಿ (E_v) ಐಗನ್ ಕಂಪನಾಂಕ v ಇರುವ ಒಂದು ಆಂದೋಲಕದ ಸರಾಸರಿ ಶಕ್ತಿ (ಮುಕ್ತ ಏಕಕ ಮಜಲಿ (*degree*)ಗೆ), L ಬೆಳಕಿನವೇಗ, v ಕಂಪನಾಂಕ, ಮತ್ತು $\rho_v\, d_v$ ಎಂಬುದು v ಮತ್ತು $v + dv$ ಕಂಪನಾಂಕಗಳ ನಡುವಣ ರಶ್ಮಿಯ ಭಾಗದಏಕಕ ಗಾತ್ರದ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿವೆ.

v ಕಂಪನಾಂಕದ ರಶ್ಮಿ ಶಕ್ತಿಯು ಸತತವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಲಾಗಲೀ ಅಥವಾ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಲಾಗಲೀ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಈ ಕೆಳಕಂಡ ಸಂಬಂಧಗಳು ದೊರೆಯಬೇಕು.

$$(R/N)\ T = \bar{E} = (\bar{E}_v) = \left(\frac{L^3}{8\pi v^2} \right) \rho_v$$

$$\rho_v = \left(\frac{R}{N} \right) \left(\frac{8\pi v^2}{L^3} \right) T$$

ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ ಸಮತೋಲನದ ನಿಬಂಧನೆಗಳಾಗಿದೆಯೆಂದು ಕಂಡಿರುವ, ಈ ಸಂಬಂಧಗಳು ಪ್ರಯೋಗದೊಡನೆ ಸರಿಹೊಂದಲು ವಿಫಲವಾಗುವುದು ಮಾತ್ರವಲ್ಲ ನಮ್ಮ ಪ್ರತಿರೂಪದಲ್ಲಿ ಈಥರ್ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯಗಳ ನಡುವೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟಶಕ್ತಿ ಹಂಚಿಕೆಯ ಮಾತಿರುವುದು ಕೂಡ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಆಂದೋಲಕಗಳ ಅಲೆಸಂಖ್ಯೆಯ ವಿಸ್ತಾರ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ, ಆಕಾಶದ ರಶ್ಮಿಶಕ್ತಿಯೂ ಜಾಸ್ತಿಯಾಗುವುದು ಮತ್ತು ವಿಮಿತಿಯಲ್ಲಿ

$$\int_0^\infty \rho_v d_v = \frac{R}{N} \quad \frac{8\pi}{L^3}\ T \int_0^\infty v^2 d_v = \infty$$

ಎಂದು ನಾವು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

.... ಅದಲ್ಲಿ ಆಗ ರಶ್ಮಿಯು ಊಹಿಸಬಹುದಾದಷ್ಟು ಅಕ್ರಮವಾಗಿರುತ್ತೆ, ಅಂದರೆ, A ಮತ್ತು αಗಳ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಇತರ A ಮತ್ತು α ಮೌಲ್ಯಗಳಿಂದ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿದ್ದರೆ, ಈ ಸ್ಥಿತಿಯು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಹತ್ತಿರವಾಗಿ ತೃಪ್ತಿಗೊಂಡಂತೆ (ಉದಾ, A_ν ಮತ್ತು α_ν ಗಳ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮೌಲ್ಯಗಳ ಜೋಡಿಗಳು ಆಂದೋಲಕಗಳ ವಿಶಿಷ್ಟ ಗುಂಪುಗಳ ಉತ್ಸರ್ಜನಾ ಮತ್ತು ಹೀರಿಕಾಕ್ರಿಯೆಗಳ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿರುವಂತೆ) ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ರಶ್ಮಿಯು ಉಪಸಮವಾಗಿ ಒಂದು ಪರಿಪಕ್ವವಾದ ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಹತ್ತಿರವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಮೂಲಭೂತ ನಿಯತಾಂಕಗಳ ಪ್ಲಾಂಕನ ನಿರ್ಧಾರ ಕುರಿತು:

ಹೆರ್ ಪ್ಲಾಂಕನ ಮೂಲಭೂತ ನಿಯತಾಂಕಗಳ ನಿರ್ಧಾರವು, ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ, ಆತನ ಕಪ್ಪುಕಾಯದ ರಶ್ಮಿಯ ಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಈ ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಲು ನಾವು ಇಚ್ಛಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಈ ಮಟ್ಟದವರೆಗೆ ಯಥೋಚಿತವೆಂದು ಸಾಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಪ್ಲಾಂಕನ[4] ಸೂತ್ರವು ρ_υಗೆ

$$\rho_\upsilon = \frac{\alpha\,\upsilon^3}{e^{\beta\upsilon/RT}-1}$$

$$\alpha = 6.10 \times 10^{-56}$$

$$\beta = 4.866 \times 10^{-11}$$

ನೀಡುತ್ತದೆ. $T/_\upsilon$ ನ ಹೆಚ್ಚಿನ ಮೌಲ್ಯಗಳಿಗೆ, ಅಂದರೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಅಲೆಯುದ್ದ ಮತ್ತು ರಶ್ಮಿಯ ಸಾಂದ್ರತೆಗಳಿಗೆ, ಈ ಸಮೀಕರಣವು

$$\rho_\upsilon = \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)\upsilon^2\,T$$

ರೂಪ ಪಡೆಯುತ್ತದೆ. ಈ ಸಮೀಕರಣವು ಒಂದನೆ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ಲನ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಿಂದ ಪಡೆದವುಗಳೊಡನೆ ತದ್ವತ್ತಾಗಿರುವುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿದೆ. ಎರಡು ಸೂತ್ರಗಳ ಸಹ ಗುಣಕಗಳನ್ನು ಸಮಾನಗೊಳಿಸುವುದರಿಂದ ಯಾರೊಬ್ಬರೂ

$$(R/N)\,(8\pi/L^3) = (\alpha/\beta)$$

ಅಥವಾ

$$N = (\beta/\alpha)\,(8\pi R/L^3) = 6.17 \times 10^{23}$$

ಪಡೆಯಬಹುದು, ಅಂದರೆ, ಜಲಜನಕ ಪರಮಾಣು $1/N$ ಗ್ರಾಂಗಳು $= 1{\cdot}62 \times 10^{-24}$ ಗ್ರಾಂತೂಗುವುದು. ಇದು ನಿಖರವಾಗಿಯೂ ಹೆರ್ ಪ್ಲಾಂಕನಿಂದ ಕಂಡು ಹಿಡಿದ ಮೌಲ್ಯವಾಗಿದೆ, ಇದು ಇತರ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಕಂಡು ಹಿಡಿದ ಮೌಲ್ಯಗಳೊಡನೆ ಒಪ್ಪಿಗೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ ನಾವು ಒಂದು ತೀರ್ಮಾನವನ್ನು ತಲುಪುತ್ತೇವೆ, ರಶ್ಮಿಯ ಶಕ್ತಿ ಸಾಂದ್ರತೆ ಮತ್ತು ಅಲೆಯುದ್ದ ಹೆಚ್ಚಿಗೆಯಾದಂತೆ, ನಾವು ಉಪಯೋಗಿಸುವ

---

[4] M. ಪ್ಲಾಂಕ್ Ann Physik 4, 561 (1901).

ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ತತ್ತ್ವಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿರುವುದು ಕಾಣುತ್ತದೆ; ಕಡಿಮೆ ಅಲೆಯುದ್ದ ಮತ್ತು ಕಡಿಮೆ ರಶ್ಮಿ ಸಾಂದ್ರತೆಗಳಿಗೆ, ಎಷ್ಟೇ ಆದರೂ, ಈ ತತ್ವಗಳು ನಮ್ಮನ್ನು ಪೂರ್ಣ ವಿಫಲಗೊಳಿಸುವುವು.

ರಶ್ಮಿಯ ಉತ್ಸರ್ಜನೆ ಮತ್ತು ಪ್ರಸಾರಕ್ಕೆ ಯಾವ ಪ್ರತಿರೂಪವನ್ನೂ ಆಹ್ವಾನಿಸದೆ ಕಪ್ಪುಕಾಯದ ರಶ್ಮಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಂಗತಿಗಳನ್ನು ಈ ಕೆಳಗೆ ನಾವು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ.

ರಶ್ಮಿಯ ಎಂಟ್ರೊಪಿಯನ್ನು ಕುರಿತು :

ಈ ಕೆಳಕಂಡ ಕ್ರಮವನ್ನು ಹೆರ್. ಡಬ್ಲ್ಯು. ವೀನರ ಹೆಸರಾಂತ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು ಮತ್ತು ಪರಿಪೂರ್ಣತೆಗೋಸ್ಕರ ಮಾತ್ರ ಇದನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಪರಿಚಯ ಮಾಡಿ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

v ಗಾತ್ರವನ್ನು ಆವರಿಸಿರುವ ರಶ್ಮಿಯಿದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿ. ಎಲ್ಲಾ ಕಂಪನಾಂಕಗಳಿಗೂ ರಶ್ಮಿ ಸಾಂದ್ರತೆ $\rho(_\upsilon)$ ನೀಡಿದಾಗ ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದಾದ ರಶ್ಮಿಯ ಗುಣಗಳನ್ನು ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ನಿರ್ಧರಿಸಬಹುದೆಂದು ನಾವು ಊಹಿಸುತ್ತೇವೆ[5]. ಕೆಲಸ ಅಥವಾ ಶಾಖದ ವರ್ಗಾವಣೆ ಯಿಲ್ಲದಿದ್ದಾಗ ವಿವಿಧ ಕಂಪನಾಂಕಗಳ ರಶ್ಮಿಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಅವಲಂಬಿಸುವುದಿಲ್ಲವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸುವ ಕಾರಣ, ರಶ್ಮಿಯ ಎಂಟ್ರೊಪಿಯನ್ನು

$$S=v\int_0^\infty \phi(\rho,{}_\upsilon)\ d_\upsilon$$

ಎಂದು ಪ್ರತಿನಿಧಿಸಬಹುದು, ಇಲ್ಲಿ ϕ ಎಂಬುದು ρ ಮತ್ತು ν ಚರಗಳ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿದೆ. ಪ್ರತಿಫಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಗೋಡೆಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಸ್ಥಿರೋಷ್ಣ ಸಂಮರ್ದನಗೊಳ್ಳುವಾಗ ರಶ್ಮಿಯ ಎಂಟ್ರೊಪಿಯು ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲವೆಂಬ ನಿಬಂಧನೆಯ ನಿರೂಪಣೆಯ ಮೂಲಕ ϕ ಒಂದೇ ಚರದ ಉತ್ಪನ್ನವನ್ನಾಗಿ ಅನುಮಿತಿಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಏನೇ ಆಗಲಿ, ನಾವು ಈ ಸಮಸ್ಯೆಗೆ ಪ್ರವೇಶಮಾಡುವುದುಬೇಡ ; ಆದರೆ ಕಪ್ಪುಕಾಯದ ರಶ್ಮಿನಿಯಮದಿಂದ ϕ ಉತ್ಪನ್ನವನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಪಡೆಯೋಣ.

ಕಪ್ಪುಕಾಯದ ರಶ್ಮಿಯ ಸಂಗತಿಯಲ್ಲಿ, ρ ಎಂಬುದು νನ ಎಂತಹ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿದೆಯೆಂದರೆ ಶಕ್ತಿಯ ಒಂದು ನಿಯತ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ ಎಂಟ್ರೊಪಿಯು ಗರಿಷ್ಠವಾಗಿರುವುದು ; ಅಂದರೆ

$$\delta\int_0^\infty \phi(\rho, \nu)\, d\nu = 0$$

ಇದು $$\delta\int_0^\infty \rho\, d\nu = 0$$

ನೀಡುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ νನ ಉತ್ಪನ್ನದಂತೆ ಪ್ರತಿಯೊಂದು $\delta\rho$ ಆಯ್ಕೆಗೂ

$$\int_0^\infty \left(\frac{\partial \phi}{\partial \rho} - \lambda\right) \delta\rho\, d\nu = 0$$

ಜೊತೆಗೂಡಿ ಬರುವುದು ; ಇಲ್ಲಿ λ ವು ν ನಿಂದ ಮುಕ್ತವಾಗಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಕಪ್ಪು ಕಾಯದ ರಶ್ಮಿಯ ಸಂಗತಿಯಲ್ಲಿ $\partial \phi/\delta\rho$ ಮೌಲ್ಯವು ν ನಿಂದ ಮುಕ್ತವಾಗಿದೆ.

ಕಪ್ಪುಕಾಯದ ರಶ್ಮಿಯ ಏಕಕಗಾತ್ರದ ತಾಪವು $d\tau$ ಯಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿದಾಗ ಈ ಕೆಳಕಂಡ ಸಮೀಕರಣ ಅನ್ವಯಿಸುವುದು,

$$ds = \int_{\nu=d}^{\nu=\infty} \left(\frac{\partial \phi}{\partial \rho}\right) d\rho\, d\nu$$

ಅಥವಾ $\partial \phi/\partial \rho$ ಮೌಲ್ಯವು ν ನಿಂದ ಮುಕ್ತವಾಗಿರುವ ಕಾರಣ,

$$ds = \left(\frac{\partial \phi}{\partial \rho}\right) dE$$

ಸೇರಿಸಿದ ಶಾಖಕ್ಕೆ dE ಸಮನಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಮತ್ತು ಕ್ರಿಯೆಯು ಹಿಮ್ಮೊಗೀಯ (reversible) ವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಈ ಕೆಳಕಂಡ ನಿರೂಪಣೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದು.

$$ds = (1/T)\, dE$$

ಹೋಲಿಕೆ ಮಾಡುತ್ತಾ

$$\left(\frac{\partial \phi}{\partial \rho}\right) = \frac{1}{T}$$

ಎಂದು ಯಾರಾದರೂ ಪಡೆಯಬಹುದು. ಇದೇ ಕಪ್ಪುಕಾಯ ರಶ್ಮಿಯ ನಿಯಮ. ಆದ್ದರಿಂದ ϕ ಉತ್ಪನ್ನದಿಂಹ ಕಪ್ಪು ಕಾಯದ ರಶ್ಮಿಯ ನಿಯಮವನ್ನು ಯಾರೂ ಪಡೆಯಬಲ್ಲರು. ಮತ್ತು ವಿಲೋಮವಾಗಿ, $\rho=0$ ಆದಾಗ ϕ ಶೂನ್ಯವಾಗುವ ಸಂಗತಿಯನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ ಅನುಕಲನದಿಂದ ϕ ಉತ್ಪನ್ನವನ್ನು ಯಾರೂ ಪಡೆಯಬಹುದು.

ಅಲ್ಪರಶ್ಮಿಸಾಂದ್ರತೆಯಲ್ಲಿ ಏಕವರ್ಣೀಯ ರಶ್ಮಿಯ ಎಂಟ್ರೊಪಿಗೆ ಅಸಂಪಾತೀಯ ರೂಪ

ಕಪ್ಪುಕಾಯದ ರಶ್ಮಿಯ ವಾಸ್ತವಸ್ಥಿತಿಯ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳಿಂದ, ಹೆರ್ ಡಬ್ಲಿಯು ವೀನರಿಂದ ಪ್ರಾರಂಭದಲ್ಲಿ ಆಧಾರ ಸೂತ್ರಗೊಂಡ ನಿಯಮ

$$\rho=\alpha_v{}^3\varepsilon^{-\beta\gamma/T}$$

ನಿಖರವಾಗಿಯೂ ಆಧಾರವುಳ್ಳದ್ದಲ್ಲವೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿದೆ. ಏನೇ ಆಗಲಿ, $_v/T$ ಯ ಹೆಚ್ಚಿನ ಮೌಲ್ಯಗಳಿಗೆ ಅದು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿಯೂ ಪುಷ್ಟೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ನಮ್ಮ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಕೆಲವು ಮಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಆಧಾರವುಳ್ಳವುಗಳೆಂಬುದನ್ನು ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳುತ್ತಾ, ಈ ಸೂತ್ರದ ಮೇಲೆ ನಮ್ಮ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯನ್ನು ಆಧಾರಗೊಳಿಸೋಣ. ಕೂಡಲೇ ಈ ಸಮೀಕರಣವು

$$(1/T)=-(1/\beta_v)\ ln\ (\rho/\alpha_v{}^3)$$

ನೀಡುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ನಂತರ, ಹಿಂದಿನ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಪಡೆದ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾ,

$$\phi(\rho,\ _v)=-\ \rho/\beta_v\ [ln(\rho/\alpha_v{}^3)-1]$$

ನೀಡುತ್ತದೆ. v ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಆವರಿಸಿರುವ $_v$ ಮತ್ತು $_v+d_v$ ಕಂಪನಾಂಕಗಳ ನಡುವಣ ರಶ್ಮಿ ಶಕ್ತಿ E ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಈ ರಶ್ಮಿಯ ಎಂಟ್ರೊಪಿಯು

$$S=v\ \phi\ (\rho,\ _v)d_v=-E/\beta_v\ [ln\ (E/v\alpha v^3d_v)-1]$$

ಆಗಿದೆ ರಶ್ಮಿ ಆವರಿಸಿಕೊಂಡಿರುವ ಗಾತ್ರದ ಮೇಲೆ ಎಂಟ್ರೊಪಿಯ ಅವಲಂಬನೆಯನ್ನು ಶೋಧಿಸುವುದಕ್ಕೆ ನಾವು ನಮ್ಮನ್ನು ಮಿತಗೊಳಿಸಿಕೊಂಡರೆ, ಮತ್ತು v_0 ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿನ ರಶ್ಮಿಯ ಎಂಟ್ರೊಪಿಯನ್ನು S_0 ಇಂದ ನಾವು ಗುರುತಿಸಿದರೆ,

$$S-S_0=(E/\beta_v)\ ln\ v/_{v_0}$$

ಸೂತ್ರ ನಾವು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಸಾಕಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಏಕವರ್ಣೀಯ ರಶ್ಮಿಯ ಎಂಟ್ರೊಪಿಯು ಒಂದು ಆದರ್ಶ ಅನಿಲ ಅಥವಾ (ಕಡಿಮೆ ಸಾರದ) ದುರ್ಬಲ ದ್ರಾವಣದ ಎಂಟ್ರೊಪಿಯು ಗಾತ್ರದೊಡನೆ ಆಗುವ ರೀತಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಈ ಸಮೀಕರಣ ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಎಂಟ್ರೊಪಿಯು ಅದರ ಸ್ಥಿತಿಸಂಭಾವ್ಯತಾ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಹೆರ್ ಬೋಲ್ಟ್ಜ್‌ಮಾನ್ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ನೀಡಿರುವ ತತ್ವಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಈ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಈ ಕೆಳಗೆ ಅರ್ಥವಿವರಣೆ ಮಾಡುತ್ತೇವೆ.

ಅನಿಲಗಳ ಮತ್ತು ದುರ್ಬಲ ದ್ರಾವಣಗಳ ಎಂಟ್ರೊಪಿಯು ಗಾತ್ರದ ಮೇಲಣ ಅವಲಂಬನೆಯು ಅಣೀಯ—ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ಶೋಧನೆ

ಅಣೀಯ–ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಎಂಟ್ರೋಪಿಯ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದಲ್ಲಿ ಸಂಭಾವ್ಯತೆಗಳ ಕಲನದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವುದಕ್ಕಿಂತ ಭಿನ್ನವಾದ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ 'ಸಂಭಾವ್ಯತೆ' ಪದವನ್ನು ನಾವು ಪದೇ ಪದೇ ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡುತ್ತೇವೆ. ವಿಶಿಷ್ಟವಾಗಿ, ಊಹಿಸುವುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಒಂದು ಅನುಮಿತಿಗೆ ಅವಕಾಶ ನೀಡಲು ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ಪ್ರತಿರೂಪಗಳು ಸಾಕಷ್ಟು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿರುವಾಗ 'ಸಮ ಸಂಭಾವ್ಯತಾ ಸಂಗತಿಗಳು' ಆಗಾಗ್ಗೆ ಆಧಾರಭಾವನೀಯವಾಗಿ ಅಸ್ತಿತ್ವಗೊಂಡಿವೆ. ಉಷ್ಣೀಯ ಪ್ರಕೃತಿ ಸಂಗತಿಯ ವಿವರಣೆಗೆ 'ಸಾಂಖ್ಯಿಕ ಸಂಭಾವ್ಯತೆ' ಎಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವುದು ಪೂರ್ಣ ಯಥೋಚಿತವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಬೇರೊಂದು ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ನಾನು ತೋರಿಸುತ್ತೇನೆ ಮತ್ತು ಆ ರೀತಿ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಬೋಲ್ಟ್ ಮಾನರ ತತ್ವದ ಅನ್ವಯವನ್ನು ತಡೆಗಟ್ಟುವ ತಾರ್ಕಿಕ ತೊಡಕನ್ನು ನಾನು ನಿವಾರಿಸುವೆನೆಂದು ಆಶಿಸುತ್ತೇನೆ. ಇಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟೇ ಆದರೂ, ಬಹುವಿಶೇಷ ಸಂಗತಿಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ರಚನೆ ಮತ್ತು ಅನ್ವಯವನ್ನು ಮಾತ್ರ ನೀಡಲಾಗುವುದು.

ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಸ್ಥಿತಿ ಸಂಭಾವ್ಯತೆಯನ್ನು ತಿಳಿಸುವುದು ಸಕಾರಣವಾಗಿದ್ದರೆ, ಮತ್ತು ಇನ್ನೂ ಮುಂದೆ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಎಂಟ್ರೊಪಿಯ ಹೆಚ್ಚುವರಿಯನ್ನು ಅಧಿಕ ಸಂಭಾವ್ಯತೆಯ ಸ್ಥಿತಿಯಕಡೆಗೆ ಒಂದು ಸ್ಥಿತ್ಯಂತರವೆಂದು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದಾದರೆ, ಆಗ ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ S_1 ಎಂಟ್ರೊಪಿಯು ಅದರ ತತ್ಕ್ಷಣದ ಸ್ಥಿತಿಸಂಭಾವ್ಯತೆ W_1ನ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿದೆ. S_1 ಮತ್ತು S_2ಗಳೆಂಬ ಅಂತರಕ್ರಿಯೆಗೆ ಒಳಗಾದ ಎರಡು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಿದ್ದರೆ, ನಾವು

$$S_1 = \phi_1 (W_1)$$
$$S_2 = \phi_2 (W_2)$$

ಎಂದು ಬರೆಯಬಲ್ಲೆವು. ಈ ಎರಡು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು S ಎಂಟ್ರೊಪಿ ಮತ್ತು W ಸಂಭಾವ್ಯತೆಯ ಒಂದು ಏಕವ್ಯವಸ್ಥೆಯೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಿದರೆ

$$S = S_1 + S_2 = \phi\ (W) \text{ ಮತ್ತು } W = W_1\ W_2$$

ಎಂದು ಪರಿಣಮಿಸುವುವು. ಎರಡು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಸ್ಥಿತಿಗಳು ಒಂದರಿಂದಿನ್ನೊಂದು ಮುಕ್ತವಾಗಿದೆಯೆಂಬುದನ್ನು ಕೊನೆಯ ಸಮೀಕರಣ ತಿಳಿಸುತ್ತದೆ.

ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ

$$\phi_1\ (W_1 \cdot W_2) = \phi\ (W_1) + \phi_2\ (W_2)$$

ಎಂಬುದು ಪರಿಣಮಿಸುವುದು ಮತ್ತು ಅಂತಿಮವಾಗಿ

$$\phi_1\ (W_1) = cln\ (W_1) + \text{ನಿಯತಾಂಕ}$$
$$\phi_2\ (W_2) = cln\ (W_2) + \text{ನಿಯತಾಂಕ}$$
$$\phi\ (W) = cln(W) + \text{ನಿಯತಾಂಕ}$$

ಆದ್ದರಿಂದ c ಪರಿಮಾಣವು ಒಂದು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ನಿಯತಾಂಕ; ಇದರ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಅನಿಲಗಳ ಚಲನೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತವು R/N ಎಂಬುದಾಗಿ ತೋರಿಸಿದೆ, R ಮತ್ತು N ನಿಯತಾಂಕಗಳನ್ನು ಈ ಮೇಲೆ ನಿರೂಪಿಸಲಾಗಿದೆ. ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಯಾವುದಾದರು ಆರಂಭಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿನ ಎಂಟ್ರೊಪಿಯನ್ನು $S_\circ$ ಎಂದು ಗುರುತಿಸಿದರೆ ಮತ್ತು S ಎಂಟ್ರೊಪಿಯ ಸ್ಥಿತಿಯ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಂಭಾವ್ಯತೆಯನ್ನು W ಗುರುತಿಸಿದರೆ ನಾವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ

$$S - S_\circ = (R/N)\ ln\ W$$

ಎಂದು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಮೊದಲಿಗೆ ನಾವು ಈ ಕೆಳಕಂಡ ವಿಶೇಷ ಸಂದರ್ಭವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತೇವೆ. v_0 ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಬಂಧಿಸಿರುವ ಒಂದು ಸಂಖ್ಯೆಯ (n) ಚಲಿಸಬಲ್ಲ ಬಿಂದುಗಳನ್ನು (ಉದಾ : ಅಣುಗಳು) ನಾವು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ಈ ಬಿಂದುಗಳ ಜೊತೆಗೆ, ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ವಿವಿಧ, ಇತರ ಚಲಿಸಬಲ್ಲ ಬಿಂದುಗಳು ಎಷ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಾದರೂ ಅಲ್ಲಿ ಇರಬಹುದು. ಈಚಲನೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಆಕಾಶದ ಯಾವ ಭಾಗವನ್ನೂ ಇನ್ನಾವುದರಿಂದಲೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಮಾಡಲಾಗದೆಂಬುದು ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ ಈ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಬಿಂದುಗಳು ಚಲಿಸುವ ನಿಯಮಕ್ಕನುಗುಣವಾದ ನಿಯಮವನ್ನು ಕುರಿತು ನಾವು ಏನನ್ನೂ ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲ ; ಇನ್ನೂ ಮುಂದೆ, ಚಲಿಸಬಲ್ಲ ಈ ಬಿಂದುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಎಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆಂದರೆ ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ನಾವು ಪರಿಗಣಿಸಲಾರೆವು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಒಂದು ಆದರ್ಶ ಅನಿಲ ಅಥವಾ ದುರ್ಬಲ ದ್ರಾವಣವಾಗಿರಬಲ್ಲ ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು, $S_\circ$ ಎಂಟ್ರೊಪಿ ಉಳ್ಳದ್ದಾಗಿದೆ. ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ

ಮತ್ತೇನನ್ನೂ ಬದಲಾಯಿಸದಂತೆ ಚಲಿಸಬಲ್ಲ ಎಲ್ಲಾ n ಬಿಂದುಗಳನ್ನು v ಗಾತ್ರದೊಳಕ್ಕೆ (v_0 ಗಾತ್ರದ ಭಾಗ) ವರ್ಗಾವಣೆ ಮಾಡುತ್ತಿರುವಂತೆ ನಾವು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳೋಣ. ಈ ಸ್ಥಿತಿಯು ಬೇರೆಯೇ ಆದ ಎಂಟ್ರೊಪಿ (S) ಪಡೆದಿರುವುದು ಸಹಜ ಮತ್ತು ಬೋಲ್ಟ್ಜ಼ಮಾನ್ ತತ್ವದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಎಂಟ್ರೊಪಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನೂ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರ ಮಾಡಲು ನಾವು ಈಗ ಇಚ್ಛಿಸುತ್ತೇವೆ.

ನಾವು ಹೀಗೆ ಅನ್ವೇಷಿಸುವೆವು : ಮೊದಲಿನದಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಎರಡನೆಯದರ ಸಂಭಾವ್ಯತೆಯು ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದೆ? ಯಾದೃಚ್ಛಿಕವಾಗಿ ಆಯ್ದ ಒಂದು ಕಾಲದ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ದತ್ತಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲಾ n ಚಲಿಸುವ ಬಿಂದುಗಳು ಅಕಸ್ಮಾತ್ತಾಗಿ v ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ಸಂಭಾವ್ಯತೆಯು ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿನದಾಗಿದೆ?

'ಸಾಂಖ್ಯಿಕ ಸಂಭಾವ್ಯತೆ' ಆಗಿರುವ ಈ ಸಂಭಾವ್ಯತೆಗೆ ಯಾರೊಬ್ಬರೂ

$$W = (v/v_0)^n$$

ಎಂಬುದನ್ನು ಸಹಜವಾಗಿ ಪಡೆಯುತ್ತಾರೆ. ಆಗ ಯಾರಾದರೂ ಬೋಲ್ಟ್ಜ಼ಮಾನ್ ತತ್ವದ ಅನ್ವಯದಿಂದ

$$S - S_0 = R\ (n/N)\ ln\ (v_0/v)$$

ಪಡೆಯಬಹುದು.

ಯಾವುದರಿಂದ ಯಾರೊಬ್ಬರೂ ಸುಲಭವಾಗಿ ಬಾಯ್ಲನ ಮತ್ತು ಗೇ-ಲೂಸಾಕನ ನಿಯಮ ಹಾಗೂ ಅಭಿಸರಣೀ (osmotic) ಒತ್ತಡದ ಸಾದೃಶ ನಿಯಮವನ್ನು ಉಷ್ಣಬಲ ವೈಜ್ಞಾನಿಕವಾಗಿ ಪಡೆಯಬಹುದೋ ಅಂತಹ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಪಡೆಯುವಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳ ಚಲನೆಯ ನಿಯಮಕ್ಕಾದಂತೆ ಯಾವ ಊಹೆಯನ್ನೂ ಮಾಡಬೇಕಾಗಿಲ್ಲವೆಂಬುದು ಗಮನಾರ್ಹವಾಗಿದೆ.

ಬೋಲ್ಟ್ಜ಼ಮಾನ್ ತತ್ವಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಏಕವರ್ಣೀಯ ರಶ್ಮಿಯ ಗಾತ್ರ ಅವಲಂಬನೆಯ ಗಣಿತೋಕ್ತಿಯ ವ್ಯಾಖ್ಯಾನ

ನಾಲ್ಕನೆ ಭಾಗದಲ್ಲಿ, ಏಕವರ್ಣೀಯ ರಶ್ಮಿಯ ಎಂಟ್ರೊಪಿಯ ಗಾತ್ರದ ಮೇಲಣ ಅವಲಂಬನೆಗೆ ಈ ಕೆಳಕಂಡ ಗಣಿತೋಕ್ತಿಯನ್ನು ನಾವು ಕಾಣುವೆವು.

$$S - S_0 = (E/\beta v)\ ln\ (v/v_0)$$

ಇದನ್ನು ಯಾರಾದರೂ $S - S_0 = (R/N)\ ln\ [\ (v/v_0)\ \ (N/R)\ (E/\beta v)\ ]$ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬರೆದರೆ ಮತ್ತು ಇದನ್ನು ಬೋಲ್ಟ್ಜ಼ಮಾನ್‌ತತ್ವದ

$$S - S_0 = (R/N)\ ln\ W$$

ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬರೆದರೆ ಮತ್ತು ಇದನ್ನು ಬೋಲ್ಟ್ಜ಼ಮಾನ್‌ತತ್ವದ

$$S - S_{\circ} = (R/N) \log W$$

ಸಾಮಾನ್ಯ ಸೂತ್ರದೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ ಯಾರಾದರೂ ಈ ಕೆಳಕಂಡ ತೀರ್ಪಿಗೆ ಬರಬಹುದು :

γ ಕಂಪನಾಂಕದ ಮತ್ತು E ಶಕ್ತಿಯ ಏಕವರ್ಣೀಯ ರಶ್ಮಿಯು $v_{\circ}$ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಗೋಡೆಗಳಿಂದ ಆವರಿಸಿದ್ದರೆ, ಯಾವುದಾದರೂ ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟು ರಶ್ಮಿ ಶಕ್ತಿಯು v ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ಸಂಭಾವ್ಯತೆಯು

$$W = ({}_{v}/vo)^{(N/R)\,.\,(E/\beta v)}$$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಇದರಿಂದ ನಾವು ಇನ್ನೂ ಮುಂದಿನ ತೀರ್ಪಿಗೆ ಬರುವೆವು: ಕಡಿಮೆ ಸಾಂದ್ರತೆಯ (ವೀನನ ರಶ್ಮಿಸೂತ್ರದ ಸಪ್ರಮಾಣತೆ (Validity) ಮಿತಿಯೊಳಗೆ) ಏಕವರ್ಣೀಯ ರಶ್ಮಿಯು $R\beta_v/N$ ಪರಿಮಾಣದ ಅನೇಕ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಸ್ವತಂತ್ರ ಶಕ್ತಿಯ ಕ್ವಾಂಟಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿದೆಯೋ ಎಂಬಂತೆ ಅದು ಉಷ್ಣಬಲ ವೈಜ್ಞಾನಿಕವಾಗಿ ವರ್ತಿಸುವುದು.

ಕಪ್ಪುಕಾಯ ರಶ್ಮಿಯ ಕ್ವಾಂಟದ ಶಕ್ತಿಯ ಸರಾಸರಿ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಅದೇ ತಾಪದಲ್ಲಿನ ಒಂದು ಅಣುವಿನ ಸರಾಸರಿ ಸ್ಥಾನಾಂತರಾಚಲನಶಕ್ತಿಯೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಲು ನಾವು ಇನ್ನೂ ಇಚ್ಛಿಸುತ್ತೇವೆ. ಈ ಎರಡನೆಯದು $\frac{3}{2}\,(R/N)\,T$ ಆಗಿದೆ, ಆದರೆ, ವೀನನ ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ, ಒಂದು ಶಕ್ತಿ ಕ್ವಾಂಟದ ಸರಾಸರಿ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೆ

$$\int_0^{\infty} \alpha\, \gamma^3\, \varepsilon^{-\beta\gamma/T} dv$$

$$\int_0^{\infty} \frac{N}{R\beta v}\, \alpha v^3 \varepsilon^{-\beta v/T} dv = 3\left(\frac{RT}{N}\right)$$

ಎಂಬುದನ್ನು ಯಾರಾದರೂ ಪಡೆಯಬಹುದು.

ರಶ್ಮಿಯು $R\beta\,{}_v/N$ ಪರಿಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯ ಕ್ವಾಂಟಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ವಿಚ್ಛಿನ್ನಮಾಧ್ಯಮವೋ ಎಂಬಂತೆ ಏಕವರ್ಣೀಯ ರಶ್ಮಿಯ ಎಂಟ್ರೊಪಿಯು ಗಾತ್ರದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿದ್ದರೆ, ಮುಂದಿನ ಸಹಜವಾದ ಮೆಟ್ಟಲೆಂದರೆ ಬೆಳಕಿನ ವಿಸರ್ಜನೆ ಮತ್ತು ಪರಿವರ್ತನೆಗಳನ್ನು ಬೆಳಕು ಅಂತಹ ಶಕ್ತಿಕ್ವಾಂಟಂಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿದೆಯೆಂಬುದಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸುತ್ತಾ ಅವುಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸಲ್ಪಡುವ ಅಥವಾ ಟೀಕಿಸಲ್ಪಡುವಂತಹ ಸ್ವರೂಪವುಳ್ಳದ್ದೇ ಅಲ್ಲವೇ ಎಂಬುದನ್ನು ಶೋಧಿಸುವುದೇ ಆಗಿದೆ.

---

[6] ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಶಕ್ತಿ E ಆದರೆ, $-d(E - Ts) = Pdu = Tds = RT(n/N)\;(dv/v)$ ಆದ್ದರಿಂದ $PV = R(n/N)T$ ಎಂದು ಯಾರಾದರೂ ಪಡೆಯಬಹುದು.

ಸ್ಟೋಕ್ಸ್‌ನ ನಿಬಂಧನೆ ಕುರಿತು

ಈಗ ತಾನೆ ಪಡೆದ ಫಲಿತಾಂಶದ ಪ್ರಕಾರ, ದ್ಯುತಿ ದೀಪ್ತಿಯ ಮೂಲಕ ಏಕವರ್ಣೀಯ ಬೆಳಕು ಬೇರೆಯ ಆವರ್ತನಾಂಕದ ಬೆಳಕಿಗೆ ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಂಡಾಗ, ಫಲಿತ ಮತ್ತು ಉತ್ಸರ್ಜಿತ ಬೆಳಕು ಎರಡು $R\beta\ \gamma/N$ ಪರಿಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಕ್ವಾಂಟಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿವೆ; ಇಲ್ಲಿ γ ಎಂಬುದು ಸೂಕ್ತ ಕಂಪನಾಂಕವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವುದು. ಪರಿವರ್ತನಾ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಈ ಕೆಳಕಂಡ ರೂಪದಲ್ಲಿ ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಮಾಡಬೇಕು. ν_1 ಕಂಪನಾಂಕದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪತನ ಶಕ್ತಿಕ್ವಾಂಟಂ ಕೂಡ ಹೀರಲ್ಪಡುವುದು ಮತ್ತು ಅದರಿಂದಲೇ–ಕೊನೆಯ ಪಕ್ಷ ಪತನಶಕ್ತಿ ಕ್ವಾಂಟದ ಸಾಕಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಸಾಂದ್ರತೆಗಳಲ್ಲಿ ν_2 ಕಂಪನಾಂಕದ ದ್ಯುತಿಕ್ವಾಂಟಂ ಉತ್ಪತ್ತಿಗೊಳ್ಳುವುದು; ಪತನ ದ್ಯುತಿ ಕ್ವಾಂಟಂ ಹೀರುವಿಕೆಯು ಏಕಕಾಲದಲ್ಲೇ $\gamma_3\ \gamma_4$ ಇತ್ಯಾದಿ ಕಂಪನಾಂಕಗಳ ದ್ಯುತಿಕ್ವಾಂಟಗಳ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯ ಹಾಗೂ ಇತರ ವಿವಿಧ ಶಕ್ತಿ ಉದಾ, ಶಾಖ, ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಸ್ಫುರದೀಪ್ತವಸ್ತುವು ಶಕ್ತಿಯ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಆಕರವಾಗಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವ ತತ್ವವು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಿದ ಎಲ್ಲಾ ಶಕ್ತಕ್ವಾಂಟಂನ ಶಕ್ತಿಯು ಪತನ ದ್ಯುತಿಕ್ವಾಂಟಂ ಅದರದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆನ್ನುವುದನ್ನು ಆವಶ್ಯಕಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ; ಅದರಿಂದ

$$R\beta\nu_2/N \leqq \frac{R\beta\nu_1}{N} \text{ ಅಥವಾ } \nu_2 \leqq \nu_1$$

ಅನುಸರಿಸಿ ಬರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಬಹುಪ್ರಚಲಿತವಾಗಿರುವ ಸ್ಟೋಕ್ಸ್‌ನ ನಿಬಂಧನೆ.

ನಮ್ಮ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಕಾಶದ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಸರ್ಜಿತ ಬೆಳಕಿನ ಪರಿಮಾಣವು ಪತನ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಬಲತೆಗೆ ಅನುಪಾತವಾಗಿರಲೇಬೇಕೆಂಬುದನ್ನು ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ಒತ್ತಿ ತಿಳಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ, ಏಕೆಂದರೆ ಪತನಗೊಂಡ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಶಕ್ತಿಕ್ವಾಂಟಂ ಕೂಡ ಇತರ ಪತನ ಶಕ್ತಿಕ್ವಾಂಟದ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ಆಧಾರ ಪ್ರತಿಜ್ಞೆ (postulated) ಮಾಡಿಕೊಂಡಂಥ ಮೂಲಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುದು. ವಿಶಿಷ್ಟವಾಗಿ ಸ್ಫುರದೀಪ್ತ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಉದ್ರೇಕಿಸಲು ಆವಶ್ಯಕವಾದ ಪತನ ಬೆಳಕಿನ ತೀಕ್ಷ್ಣತೆಗೆ ಯಾವ ಕಡಿಮೆ ಮಿತಿಯೂ ಇಲ್ಲ.

ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಿದ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ, ಈ ಕೆಳಕಂಡ ಸಂಗತಿಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಟೋಕ್ಸ್‌ನ ನಿಬಂಧನೆಯಿಂದ ವಿಷಯಾಂತರವಾಗುವುದನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬಹುದು:

1. ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಏಕಕಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಅಂತರಕ್ರಿಯೆಗೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವ ಶಕ್ತಿಕ್ವಾಂಟಗಳು ಅಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಾಗ ಉತ್ಸರ್ಜಿತ ಬೆಳಕಿನ ಶಕ್ತಿಕ್ವಾಂಟಂ ಅನೇಕ ಪತನಶಕ್ತಿ ಕ್ವಾಂಟಗಳಿಂದ ಶಕ್ತಿಪಡೆಯಬಹುದು.

2. ಪತನ (ಅಥವಾ ಉತ್ಸರ್ಜಿತ) ಬೆಳಕು ವೀನನ ನಿಯಮದ ಸಪ್ರಮಾಣತೆಯ (Validity) ವಿಸ್ತಾರದೊಳಗೆ ಕಪ್ಪುಕಾಯದ ರಶ್ಮಿಗೆ ಅನುರೂಪವಾಗುವಂತಹ ಸಂಯೋಜನೆಯಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಹಾಗೆಂದರೆ, ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಪತನ ಬೆಳಕು ಅಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿನ ತಾಪದ ಕಾಯದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನಗೊಂಡಿದ್ದರೆ ನಾವು ಪರಿಗಣಿಸುವ ತರಂಗಾಂತರಗಳಿಗೆ ವೀನನ ನಿಯಮನ ಪ್ರಮಾಣವಾಗಿರದಷ್ಟು.

ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿದ ಸಾಧ್ಯತೆಯು ವಿಶಿಷ್ಟ ಆಸಕ್ತಿಯನ್ನು ಕೆರಳಿಸುವುದು. ನಾವು ಹೊರಪಡಿಸಿದ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ, ಅತಿ ಕಡಿಮೆ ಸಾಂದ್ರತೆಯ 'ವೀನ್ ರಶ್ಮಿಯಲ್ಲದ' ರಶ್ಮಿಯು ವೀನನ ನಿಯಮದ ಸಪ್ರಮಾಣತೆಯ ಅಂತರದೊಳಗಿನ ಒಂದು ಕಪ್ಪು ಕಾಯದ ರಶ್ಮಿಯಿಂದ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವ ಶಕ್ತಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಬಲ್ಲುದೆಂಬ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಹೊರಹಾಕಲಾಗದು.

ಘನಕಾಯುಗಳ ಪ್ರಕಾಶೀಕರಣದ ಮೂಲಕ ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳ ಉತ್ಸರ್ಜನೆ ಕುರಿತು

ಬೆಳಕಿನ ಶಕ್ತಿಯು ಅದು ಯಾವುದರ ಮೂಲಕ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವುದೋ ಆ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಸಂತತವಾಗಿ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿದೆಯೆಂಬ ಸಾಧಾರಣ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯು ಹೆರ್ ಲೆನಾರ್ಡ್ ಅವರ ಆಗ್ರ ಪತ್ರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ದೇಶಗೊಂಡಿರುವಂತೆ, ಯಾರಾದರೂ ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುದೀಯ ಪ್ರಕೃತಿ ಘಟನೆ ವಿವರಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದಾಗ ಬಹು ಗಂಭೀರ ತೊಂದರೆಗಳನ್ನು ಎದುರಿಸಬೇಕಾಗುವುದು.[7]

ಹೇಗೇ ಆದರೂ, ಪತನಬೆಳಕು $R\beta v/N$ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಕ್ವಾಂಟಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿದೆಯೆಂಬ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ, ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯನ್ನು ಈ ಕೆಳಕಂಡ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಯಾರೊಬ್ಬರೂ ಕಲ್ಪಿಸಬಹುದು. ಕಾಯದ ಮೇಲ್ಮೈ ಪದರದೊಳಕ್ಕೆ ಶಕ್ತಿಕ್ವಾಂಟಗಳು ಒಳನುಗ್ಗುವುವು, ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿಯು, ಕೊನೆಯಪಕ್ಷ ಭಾಗಶಃ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಚಲನಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುವುದು. ಇದನ್ನು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಅತ್ಯಂತ ಸರಳಮಾರ್ಗವೆಂದರೆ ಬೆಳಕಿನ ಕ್ವಾಂಟಂ ತನ್ನ ಇಡೀ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಏಕೈಕ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಗೆ ಕೊಟ್ಟುಬಿಡುವುದು. ಇದೇ ಆಗುವುದೆಂಬುದಾಗಿ ನಾವು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳೋಣ. ಎಷ್ಟೇ ಆದರೂ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಬೆಳಕಿನ ಕ್ವಾಂಟಂನಿಂದ ಭಾಗಶಃ ಮಾತ್ರ ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದೆಂಬ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ತಳ್ಳಿಹಾಕುವಂತಿಲ್ಲ.

ಕಾಯದ ಒಳಗಡೆ ಚಲನಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕೊಡಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೊಂದು ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ತಲುಪುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಈ ಶಕ್ತಿಯ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳು

[7] ಲೆನಾರ್ಡ್ Ann Physik 8 169, 170 (1902)

ವುದು. ಮತ್ತೂ ಮುಂದೆ, ಪ್ರತಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಕಾಯವನ್ನು ಬಿಡುತ್ತಿರುವಾಗ ವಸ್ತು ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವಾದ P ಪರಿಮಾಣದ ಕೆಲಸವನ್ನು ಮಾಡಲೇಬೇಕೆಂದು ನಾವು ಊಹಿಸೋಣ. ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಲಂಬವೇಗದಿಂದ ಕಾಯವನ್ನು ಬಿಡುತ್ತಿರುವ ಉತ್ಸರ್ಜಿತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ನೇರವಾಗಿ ಮೇಲ್ಮೈಯ್ಯಲ್ಲಿದ್ದಂತಹವುಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಅಂತಹ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಚಲನಶಕ್ತಿಯನ್ನು $R\beta v_{/N}—P$ ನೀಡುತ್ತದೆ.

ಕಾಯವನ್ನು π ಧನಪ್ರಚ್ಛನ್ನಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ಗೊಳಿಸಿದ್ದರೆ ಮತ್ತು ಸೊನ್ನೆ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನದ ವಾಹಕಗಳಿಂದ ಸುತ್ತುವರೆಯಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದರೆ ಮತ್ತು ಕಾಯದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಹ್ರಾಸವನ್ನು ತಡೆಗಟ್ಟಲು ಸಾಕಾಗುವಷ್ಟು ಮಾತ್ರ π ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ, ಆಗ

$$\pi \epsilon = R\beta v/N — P$$

ಎಂದಾಗುವುದು. ಇಲ್ಲಿ ϵ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೀಯ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಸಂಕೇತಿಸುವುದು, ಅಥವಾ

$$\pi E = R\beta v' — P$$

ಇಲ್ಲಿ E ಎಂಬುದು ಏಕಸಂಯೋಗ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ (Monovalent) ಅಯಾನಿನ ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ಸಾಮ್ಯತೆಯ (Gram equivalent) ವಿದ್ಯುದಂಶ ಮತ್ತು ಈ ಋಣ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯ ಪರಿಮೊಣದಲ್ಲಿ ಕಾಯಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿರುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ P' ಆಗಿದೆ.[8] ಯಾರಾದರು $E = 9.6 \times 10^3$ ಎಂದು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಲ್ಲಿ $\pi \cdot 10^{-8}$ ಎಂಬುದು ನಿರ್ವಾತದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶಿತಗೊಳಿಸಿದಾಗ ಕಾಯವು ಪಡೆಯುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನವಾಗಿದೆ.

ಪಡೆದ ಸಂಬಂಧವು ಅನುಭವಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಪರಿಮಾಣದ ಅಂದಾಜಿನ ನೀಡುವಿಕೆಯನ್ನು ನೋಡಲೋಸುಗ $P' = 0$ $\nu = 1{\cdot}03 \times 10^{15}$ (ಅತಿ ನೀಲದ ಕಡೆಗೆ ಸೌರರೋಹಿತದ ಮಿತಿಗೆ ಅನುರೂಪವಾದ) ಮತ್ತು $\beta = 4{\cdot}866 \times 10^{-11}$ ಎಂದು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಹೆರ್ ಲೆನಾರ್ಡ್[9] ಅವರ ಫಲಿತಾಂಶಕ್ಕೆ ಪರಿಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹತ್ತಿರವಾಗಿ ಒಪ್ಪಿಗೆಯಾಗುವ $\pi \cdot 10^7 = 4.3$ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು ಎಂಬ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನು ನಾವು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಪಡೆದ ಸೂತ್ರ ಸರಿಯಾಗಿದ್ದಲ್ಲಿ, ಆಗ π, ಪತನ ಬೆಳಕಿನ ಕಂಪನಾಂಕದ ಉತ್ಪನ್ನವೆಂಬಂತೆ ಕಾರ್ಟೇಸಿಯ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿನಿಧಿಸಿದಾಗ, ಉತ್ಸರ್ಜಿ

[8] ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ಪರಿಮಾಣದ ಕೆಲಸಮಾಡುವುದರಿಂದ ತಟಸ್ಥ ಅಣುವಿನಿಂದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಲಾಗಿದೆಯೆಂದು ಯಾರಾದರೂ ಊಹಿಸಿದರೆ, ಮೇಲೆ ಪಡೆದ ಸಂಬಂಧದಲ್ಲೇನನ್ನೂ ಬದಲಾಯಿಸುವ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿಲ್ಲ; P' ಎಂಬುದನ್ನು ಎರಡು ಪದಗಳ ಮೊತ್ತವೆಂದು ಯಾರಾದರೂ ಸುಲಭವಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು.

ಸುತ್ತಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ವರೂಪದಿಂದ ಮುಕ್ತವಾಗಿರುವ ವಾಟವುಳ್ಳ ಒಂದು ಸರಳರೇಖೆಯಾಗಿರಲೇಬೇಕು.

ನಾನು ಕಾಣುವಷ್ಟರಮಟ್ಟಿಗೆ, ಈ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ಹೆರ್ ಲೆನಾರ್ಡ್ ಅವರಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುದೀಯ ಪರಿಣಾಮದ ಗುಣಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಯಾವ ವಿರೋಧಾಭಾಸವೂ ಇಲ್ಲ. ಪತನಬೆಳಕಿನ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಶಕ್ತಿಕ್ವಾಂಟಂ, ಬೇರೆಯ ಪ್ರತಿಯೊಂದರಿಂದಲೂ ಮುಕ್ತವಾಗಿ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಗೆ ಅದರ ಶಕ್ತಿ ತಲುಪಿಸಿದರೆ, ಆಗ ಉತ್ಸರ್ಜಿತ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ವೇಗ ಹಂಚಿಕೆಯು ಪತನಬೆಳಕಿನ ತೀವ್ರತೆಯಿಂದ ಮುಕ್ತವಾಗಿರುವುದು ; ಹಾಗಲ್ಲದೆ ಬೇರೆ ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ನಿಯತವಾಗಿಟ್ಟಿದ್ದರೆ, ಕಾಯವನ್ನು ಬಿಟ್ಟುಹೋಗುತ್ತಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಪತನ ಬೆಳಕಿನ ತೀವ್ರತೆಗೆ ಅನುಪಾತವಾಗಿರುವುವು.[10]

ಸ್ಟೋಕ್ಸ್‌ನ ನಿಬಂಧನೆಯಿಂದ ಆಧಾರ ಕಲ್ಪನಾ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಕುರಿತು ಮಾಡಲಾದವುಗಳಿಗೆ ಸಾದೃಶ ಹೇಳಿಕೆಗಳನ್ನು ಮೇಲೆ ಮಂಡಿಸಿರುವ ನಿಯಮದ ಸಪ್ರಮಾಣತೆಯ ಆಧಾರ ಕಲ್ಪನಾಗಡಿಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆಯೂ ಮಾಡಬಹುದು.

ಹಿಂದೆ ತಿಳಿಸಿರುವುದರಲ್ಲಿ ಪತನ ಬೆಳಕಿನ ಕೊನೆಯಪಕ್ಷ ಕೆಲವು ಕ್ವಾಂಟಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಗೆ ತಲುಪಿಸಲಾಗಿದೆಯೆಂದು ಊಹಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಸಹಜವಾದ ಊಹನೆಯನ್ನು ಯಾರೊಬ್ಬರೂ ಮಾಡದಿದ್ದರೆ, ಹಿಂದಿನ ಸಮೀಕರಣದ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಯಾರಾದರೂ,

$$\pi E + P' \leqslant R\beta\nu$$

ಎಂದು ಪಡೆಯಬಹುದು.

ಹೆರ್ ಲೆನಾರ್ಡ್ ಅವರಿಂದ ಸಂಶೋಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವಸ್ತುಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ PE ಯಾವಾಗಲೂ $R\beta\nu$ ಗಿಂತ ಗುರುತರವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿಗೆಯಿದೆ, ಏಕೆಂದರೆ, ದೃಗ್ಗೋಚರ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡಲೋಸುಗ ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳು ಹಾಯಬೇಕಾದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು, ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ನೂರಾರು ಮತ್ತು ಇತರರಲ್ಲಿ ಸಾವಿರಾರು ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಷ್ಟು[11] ಆಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಚಲನಶಕ್ತಿ ಬೆಳಕಿನ ಅನೇಕ ಶಕ್ತಿ ಕ್ವಾಂಟಗಳ ಉತ್ಪನ್ನಮಾಡುವುದಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗವಾಗುವುದೆಂದು ಊಹಿಸಬೇಕಾಗುವುದು.

ಅತಿನೀಲ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಅನಿಲಗಳ ಅಯಾನೀಕರಣ ಕುರಿತು

ಅತಿನೀಲ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಅನಿಲವೊಂದರ ಅಯಾನೀಕರಣದಲ್ಲಿ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಅನಿಲ

---

[9] *P.* ಲೆನಾರ್ಡ್ Ann Physik *8 pp* 165, 1*84* ಮತ್ತು ಪಟ್ಟಿ 1 ಚಿತ್ರ (1902)

ಅಣುವಿನ ಅಯಾನೀಕರಣಕ್ಕೆ ಒಂದು ಏಕೈಕ ಬೆಳಕಿನ ಶಕ್ತಿ ಕ್ವಾಂಟಂ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂದು ನಾವು ಊಹಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಒಂದು ಅಣುವಿನ ಅಯಾನೀಕರಣದ ಕೆಲಸವು (ಅಂದರೆ, ಅಯಾನೀಕರಣಕ್ಕೆ ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕವಾಗಿ ಅವಶ್ಯವೆನಿಸಿದ ಕೆಲಸ) ಈ ಪರಿಣಾಮವನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು ಸಾಮರ್ಥ್ಯವಾಗಿರುವ ಹೀರಲ್ಪಟ್ಟ ಬೆಳಕಿನ ಕ್ವಾಂಟಂನ ಶಕ್ತಿಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಿರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆಂಬುದು ಇದರಿಂದ ಶ್ರೀಘ್ರವೇ ಮನವರಿಕೆ ಆಗುವುದು. ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ಸಮಾನದ ಅಯಾನೀಕರಣದ ಕೆಲಸವನ್ನು (ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ) J ಗುರುತಿಸಿದರೆ, ಆಗ

$$R\beta\nu \geqslant J$$

ಎಂಬುದು ಬರುತ್ತದೆ. ಲೆನಾರ್ಡ್ ಅವರ ಅಳತೆಗಳ ಪ್ರಕಾರ, ಎಷ್ಟೇ ಆದರೂ, ಗಾಳಿಗೆ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿ ಅಲೆಯುದ್ದವು ಉಪಸಮನಾಗಿ $1,9 \times 10^5$ ಸೆ. ಮಿ. ಆಗಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ

$$R\beta\nu = 6.4 \times 10^{12} \text{ ಅರ್ಗ್} \geqq J$$

ವಿರಳಗೊಳಿಸಿದ ಅನಿಲಗಳ ಅಯಾನೀಕರಣದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಗಳಿಂದ ಅಯಾನೀಕರಣದ ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಗರಿಷ್ಠಮಿತಿಯನ್ನೂ ಸಹ ಪಡೆಯಬಹುದು. ಜೆ. ಸ್ಟಾರ್ಕ್ ಅವರ ಪ್ರಕಾರ ಗಾಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ವೀಕ್ಷಣಾಕನಿಷ್ಠ ಅಯಾನೀಕರಣ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಗಳು ಸುಮಾರು[13] $10\,V$ (ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಧನಧ್ರುವದಲ್ಲಿ) ಆಗಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ J ಯ ಗರಿಷ್ಠ ಮಿತಿಗೆ ಮೇಲೆ ಕಂಡು ಹಿಡಿದ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ ಹತ್ತಿರ ಸಮವಾಗಿರುವ 9.6×10^{12} ಎಂದು ಯಾರೊಬ್ಬರೂ ಪಡೆಯಬಹುದು.

ಯಾವುದರ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಪರೀಕ್ಷೆಯು ನನಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯವೆಂದು ತೋರುವುದೋ ಅಂತಹ ಮತ್ತೊಂದು ಪರಿಣಾಮವಿದೆ. ಹೀರಲ್ಪಟ್ಟ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬೆಳಕಿನ ಶಕ್ತಿ ಕ್ವಾಂಟಂ ಒಂದು ಅಣುವನ್ನು ಅಯಾನೀಕರಣಗೊಳಿಸಿದರೆ, ಹೀರಲ್ಪಟ್ಟ ಬೆಳಕಿನ ಪರಿಮಾಣ L ಮತ್ತು ಅಯಾನೀಕರಣಗೊಂಡ ಅನಿಲದ j ಗ್ರಾಂ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಈ ಕೆಳಕಂಡ ಸಂಬಂಧವಿರಬೇಕು.

$$j = L/R\beta\nu$$

ನಮ್ಮ ಪರಿಕಲ್ಪನೆ ದೋಷರಹಿತವಾಗಿದ್ದರೆ, ಅಯಾನೀಕರಣವಿಲ್ಲದೆ ಯಾವ ಗಣನೀಯ ಹೀರಿಕೆಯನ್ನೂ ತೋರದ (ಸಮಂಜಸವಾದ ಕಂಪನಾಂಕದಲ್ಲಿ) ಈ ಸಂಬಂಧವು ಎಲ್ಲಾ ಅನಿಲಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸಲೇ ಬೇಕು.

ಬರ್ನ್ 17 ಮಾರ್ಚ್ 1905

ತಲುಪಿದುದು 18 ಮಾರ್ಚ್ 1905

ಅನುವಾದ—ಪಿ. ವೆಂಕಟರಾಮಯ್ಯ

ಎಂ. ವಿ. ಎನ್. ಮೂರ್ತಿ

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್, ಬೋಸ್ ಮತ್ತು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯಾಕಲನ ಶಾಸ್ತ್ರ

ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯಾ ಕಲನಶಾಸ್ತ್ರವು (ಕ್ವಾಂಟಂ ಸ್ಟ್ಯಾಟಿಸ್ಟಿಕ್ಸ್) ಶ್ರೀ ಸತ್ಯೇಂದ್ರನಾಥ ಬೋಸ್‌ರವರು 1924 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸಿದ 'ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯಮ ಮತ್ತು ದ್ಯುತಿ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತ' ಎಂಬ ಲೇಖನದಿಂದ ಸ್ಥಾಪಿತಗೊಂಡಿತೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ತಮ್ಮ ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಬೋಸ್‌ರವರು ಪ್ಲಾಂಕ್ 1900 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಕಪ್ಪು ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಹೊರ ಬೀಳುವ ವಿಸರಣ ಶಕ್ತಿಯ ವಿತರಣ ಸೂತ್ರಕ್ಕೆ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ತಾರ್ಕಿಕ ಹಾಗೂ ತಾತ್ವಿಕ ತಳಹದಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸಿಕೊಟ್ಟರು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ಈ ಲೇಖನವನ್ನು ಒಂದು ಗಮನಾರ್ಹ ಮುನ್ನಡೆ ಎಂದು ವರ್ಣಿಸಿದರು. ಬೋಸ್‌ರವರ ಬೇಡಿಕೆಯ ಮೇರೆಗೆ, ತಾವೆ ಸ್ವತಃ ಈ ಲೇಖನವನ್ನು ಜರ್ಮನ್ ಭಾಷೆಗೆ ಅನುವಾದ ಮಾಡಿ 'Zeitschrift fur Physik' ನಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸಲು ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಟ್ಟರು. ನಂತರ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ದ್ಯುತಿಕಣಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂತಿದ್ದ ಬೋಸ್‌ರವರ ಹೊಸ ವಿತರಣ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಪದಾರ್ಥದ ಕಣಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂತೆ ವಿಸ್ತರಿಸಿದರು. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ಹೊಸ ವಿತರಣ ಸೂತ್ರವನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಸಂಖ್ಯಾಕಲನ ಶಾಸ್ತ್ರವನ್ನು "ಬೋಸ್–ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸಂಖ್ಯಾಕಲನಶಾಸ್ತ್ರ" ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗಿದೆ. ಮುಂದೆ ಫರ್ಮಿ ಮತ್ತು ಡಿರಾಕ್ (ಪರಸ್ಪರ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ) ಪೌಲಿ ಬಹಿಷ್ಕರಣ ತತ್ವವನ್ನು (ಪೌಲಿ ಎಕ್ಸ್‌ಕ್ಲೂಷನ್ ಪ್ರಿನ್ಸಿಪಲ್) ಪಾಲಿಸುವ ಕಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಪಡೆದ ವಿತರಣ ಸೂತ್ರದ ಫಲವಾಗಿ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯಾಕಲನಶಾಸ್ತ್ರ ಒಂದು ಘಟ್ಟವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿತೆನ್ನಬಹುದು. ಈಗ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ತಿಳಿದಿರುವಂತೆ ಬೋಸ್–ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವಿತರಣ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಪಾಲಿಸುವ ಪೂರ್ಣಾಂಶ ಭ್ರಮಣವುಳ್ಳ ಕಣಗಳನ್ನು ಬೋಸಾನ್‌ಗಳೆಂದೂ, ಫರ್ಮಿ–ಡಿರಾಕ್ ವಿತರಣ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಪಾಲಿಸುವ ಅರ್ಧಬೆಸ ಪೂರ್ಣಾಂಕ ಭ್ರಮಣವುಳ್ಳ ಕಣಗಳನ್ನು ಫರ್ಮಿಯಾನ್‌ಗಳೆಂದು ಕರೆಯಲಾಗಿದೆ.

ಬೋಸ್-ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸಂಖ್ಯಾಕಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೂಲಭೂತ ಲೇಖನಕ್ಕೆ ಅನುವುಮಾಡಿಕೊಟ್ಟ ಕೆಲವು ಘಟನೆಗಳನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತವಾಗಿ ಚರ್ಚಿಸೋಣ. ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಸ್ಥಾಪನೆಗೆ ಕಾರಣವಾದ ಕಪ್ಪುವಸ್ತುವಿನ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ವಿಸರಣ (ಎಲೆಕ್ಟ್ರೊಮ್ಯಾಗ್ನೆಟಿಕ್ ರೇಡಿಯೇಷನ್) ಶಕ್ತಿಯ ವಿತರಣೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಇದ್ದ ಸಮಸ್ಯೆಯೇ, ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯಾಕಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ಜನನಕ್ಕೂ ಕಾರಣವಾದದ್ದು ನಿಜಕ್ಕೂ ಸೋಜಿಗ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿಯೆ ಈ ಸಮಸ್ಯೆಗೆ ಚಾರಿತ್ರಿಕವಾಗಿ ವಿಶಿಷ್ಟಸ್ಥಾನವಿದೆ. 'ಕಪ್ಪುವಸ್ತುವಿನ **ವಿಸರಣ** ಶಕ್ತಿ' ಎಂಬ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು 1859 ರಲ್ಲಿ ಕಿರ್ಖಾಫ್ ಮುಂದಿಟ್ಟ. ಕಪ್ಪುವಸ್ತುವು ತನ್ನ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ **ವಿಸರಣ**ವನ್ನು ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುವ ಗುಣವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಕಪ್ಪುವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ಶಕ್ತಿ ವಿವಿಧ ಅಲೆಯುದ್ದಗಳಲ್ಲಿ (ವೇವ್ ಲೆಂಗ್ತ್) ಹೇಗೆ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ವಿವರಿಸುವಲ್ಲಿ ಮೊದಲ ಯತ್ನವನ್ನು ಡಬ್ಲ್ಯೂ. ವೀನ್ 1894 ರಲ್ಲಿ ಆಗ ಪ್ರಚಲಿತವಿದ್ದ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಮಾಡಿದ. ಇದೇ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಮೇಲೆ ವೀನ್‌ನ ಪ್ರಯತ್ನಕ್ಕಿಂತ ವಿಭಿನ್ನವಾದ ಪ್ರಯತ್ನವನ್ನು ರ‍್ಯಾಲೆ ಮತ್ತು ಜೀನ್ಸ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಅಭಿಜಾತ (ಕ್ಲಾಸಿಕಲ್) ಸಂಖ್ಯಾಕಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ಆಧಾರದಿಂದ ಮಾಡಿದರು. ಈ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ಸ್ತುತ್ಯರ್ಹವಾದರೂ ಸಹ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಬಗೆಹರಿಸುವಲ್ಲಿ ವಿಫಲವಾದವು. ವೀನ್ ಪಡೆದ ವಿತರಣ ಸೂತ್ರವು ರೋಹಿತದ (ಸ್ಪೆಕ್ಟ್ರಮ್) ಕಡಿಮೆ ಅಲೆಯುದ್ದದ ಭಾಗಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂತೆಯೂ, ಅದೇ ರೀತಿ, ರ‍್ಯಾಲೆ ಮತ್ತು ಜೀನ್ಸರು ಪಡೆದ ವಿತರಣ ಸೂತ್ರವು ರೋಹಿತದ ದೀರ್ಘ ಅಲೆಯುದ್ದದ ಭಾಗಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂತೆಯೂ ಇತ್ತು. ಆದರೆ ರೋಹಿತದ ಎಲ್ಲ ಭಾಗಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂತೆ ಒಂದು ಸೂತ್ರವನ್ನು ಅಭಿಜಾತ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳಿಂದಲೇ ಪಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ.

ಇದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಬರ್ಲಿನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕನಾಗಿದ್ದ ಪ್ಲಾಂಕ್ ತನ್ನ ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕ ಕ್ವಾಂಟಂ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯಿಂದ ರೋಹಿತದ ಎಲ್ಲ ಭಾಗಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂತಿದ್ದ ಒಂದು ವಿತರಣ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಪಡೆದ. ಪ್ಲಾಂಕನ ಹೊಸ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳ ನಡುವೆ ನಡೆಯುವ ಶಕ್ತಿಯ ವಿನಿಮಯ ಕೆಲವು ಗೊತ್ತಾದ ಕಟ್ಟುಗಳಲ್ಲಿ (ಪ್ಯಾಕೆಟ್ಸ್) ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅಭಿಜಾತ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ತಿಳಿದಿದ್ದಂತೆ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, v ಆವರ್ತಾಂಕದಲ್ಲಿ (ಫ್ರೀಕ್ವೆನ್ಸಿ) ಶಕ್ತಿಯವಿನಿಮಯ $E=hv$, $2hv$ $3hv,..,rhv$ ಎಂಬ ಕಟ್ಟುಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಶಕ್ತಿಯ ಕಟ್ಟುಗಳನ್ನೇ ಈಗ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಕಪ್ಪುವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಹೊರಬರುವ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ವಿಸರಣ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿವಿಧ ಆವರ್ತಾಂಕಗಳ ಫೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಹೊರಸೂಸುವ ಮತ್ತು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುವ ಆಂದೋಲಕಗಳ (ಆಸಿಲೇಟರ್) ವ್ಯವಸ್ಥೆ

ಯೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಿ, ಪ್ಲಾಂಕನು 19ನೇ ಅಕ್ಟೋಬರ್ 1900 ರಲ್ಲಿ, ಈಗ ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯಮವೆಂದು ಕರೆಯುವ, ಎಲ್ಲ ಅಲೆಯುದ್ದಗಳಲ್ಲೂ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ವಿತರಣ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಪಡೆದ. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ

$$U_\nu = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

ಈ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ U_ν ಯು ರೋಹಿತದ ν ನಿಂದ $\nu + d\nu$ ವರೆಗಿನ ಆವರ್ತಾಂಕಗಳ ಭಾಗದ **ವಿಸರಣ** ಶಕ್ತಿಯ ಸಾಂದ್ರತೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ c ಎನ್ನುವುದು ನಿರ್ವಾತದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ ಮತ್ತು k ಎಂಬುದು ಬೋಲ್ಟ್ಸ್‌ಮನ್ ನಿಯತಾಂಕ. h ಎನ್ನುವುದು ಒಂದು ನಿಯತಾಂಕವಾಗಿದ್ದು ಅದನ್ನು ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕ ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಈ ನಿಯಮವನ್ನು ಪಡೆಯುವಲ್ಲಿ ಪ್ಲಾಂಕ್ ಭಾವಿಸಿದಂತೆ ಶಕ್ತಿಯ ವಿನಿಮಯ ಕಟ್ಟುಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಜರುಗುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವುದಕ್ಕೆ ಯಾವ ತಾತ್ವಿಕವಾಗಿ ಸಮಂಜಸವಾದ ಆಧಾರವೂ ಇರಲಿಲ್ಲ. ಆರ್. ಡಬ್ಲ್ಯೂ. ವುಡ್‌ನಿಗೆ ಬರೆದ ಪತ್ರದಲ್ಲಿ ಪ್ಲಾಂಕ್ ತನ್ನ ವಿತರಣ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಪಡೆಯುವಾಗಿನ ಮಾನಸಿಕ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ವಿವೇಚಿಸುತ್ತ ಅದೊಂದು "ಹತಾಶನಾಗಿ ಮಾಡಿದ" ಕೆಲಸವೆಂದು ವರ್ಣಿಸಿದ್ದಾನೆ. ಮುಂದೆಯೂ h ನಿಯತಾಂಕವು ಕೇವಲ ಗಣಿತೀಯವಾದ ಸಾಧನ ಎಂದೇ ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಂಬಿದ್ದ. ಸುಮಾರು ವರ್ಷಗಳ ಕಾಲ ಕ್ವಾಂಟಂ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯು ತಾತ್ವಿಕವಾಗಿ ಸಮ್ಮತ ಎನಿಸದೆ, ಕೇವಲ ತಾತ್ಕಾಲಿಕವಾಗಿ ಮುಂದಿಟ್ಟ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತ್ತು.

ಪ್ಲಾಂಕ್‌ನ ಪರ್ಯಾಲೋಚನೆಯು ಅಸಂಗತವಾದದ್ದು ಎಂದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ರವರು 1906 ರಲ್ಲಿ ಟೀಕೆಮಾಡಿದರು. ಅವರ ಪ್ರಕಾರ "ಒಂದು ಅನುನಾದಕದ (ರೆಸೋನೇಟರ್) ಶಕ್ತಿಯು ಕಟ್ಟುಗಳಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುವುದಾದರೆ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ **ವಿಸರಣ** ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಅನುನಾದಕಗಳ ಸರಾಸರಿ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಪ್ಲಾಂಕ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ, ಮ್ಯಾಕ್ಸವೆಲ್ಲನ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಅನುನಾದಕಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲವಾದರೂ ಸಹ, **ವಿಸರಣ** ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಅನುನಾದಕದ ಸರಾಸರಿ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ಬರುವ ಶಕ್ತಿಗೆ ಸಮ ಎಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಒಂದು ಭಾವನೆಯು ಅನ್ವಯವಾಗಬೇಕಾದರೆ ರೋಹಿತದ ಎಲ್ಲ ಭಾಗಗಳಲ್ಲೂ ಅನುನಾದಕದ ಸರಾಸರಿ ಶಕ್ತಿಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ $E = h\nu$ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಎಂದೆ ಭಾವಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ ; ಆದರೆ ಇದು ಸರಿಯಲ್ಲ."

ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಹೀಗಿದ್ದರೂ ಸಹ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ಗವರು ಕ್ವಾಂಟಂ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ 'ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್' (ಫ್ಲೋಟೊ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಿಕ್ ಎಫೆಕ್ಟ್) ಅನ್ನು ವಿವರಿಸುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾದರು. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ವಿಸರಣ ಕ್ಷೇತ್ರ ಮತ್ತು ಪದಾರ್ಥ ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಅಂತರಕ್ರಿಯೆ ಜರುಗುತ್ತಿರುವ ಕಾರಣ ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ಟೀಕೆಯು ಇಲ್ಲಿಯೂ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತದೆ,

ಸೋಜಿಗದ ಸಂಗತಿಯೆಂದರೆ, ಪ್ಲಾಂಕ್‌ನಿಯಮದ ಸಂಪೂರ್ಣ ವಿವರಣೆಯು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರಿಗೂ ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಪ್ಲಾಂಕ್‌ನಿಯಮದ, ತಾತ್ವಿಕವಾಗಿ ಸಂಪೂರ್ಣವಾದ, ವಿವರಣೆಯು ಶ್ರೀ ಸತ್ಯೇಂದ್ರನಾಥಬೋಸ್‌ರವರ ಮೊದಲನೆ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಮಂಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು.

1924ರ ಬೇಸಿಗೆ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ಆಗ ಢಾಕಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದಲ್ಲಿದ್ದ ಬೋಸ್‌ರವರಿಂದ ಒಂದು ಪತ್ರವನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸಿದರು. ಆ ಪತ್ರದಲ್ಲಿ ಬೋಸ್‌ರವರು ಹೀಗೆಂದು ಬರೆದಿದ್ದರು—"ಸನ್ಮಾನ್ಯರೆ, ನಾನು ನಿಮ್ಮ ಗಮನ ಮತ್ತು ಅಭಿಪ್ರಾಯಕ್ಕೋಸ್ಕರ ಒಂದು ಲೇಖನವನ್ನು ಕಳುಹಿಸುವ ಸಾಹಸ ಮಾಡಿದ್ದೇನೆ. ಅದರ ಬಗ್ಗೆ ತಮ್ಮ ಆಲೋಚನೆಗಳನ್ನು ತಿಳಿಯುವ ಕಾತರ ನನಗಿದೆ. ನೀವೇ ನೋಡುವ ಹಾಗೆ, ನಾನು ಪ್ಲಾಂಕ್ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸುವ $8\pi\nu^2/c^3$ ಅನ್ನು ಅಭಿಜಾತ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸದೆ ಫೇಸ್‌ಸ್ಪೇಸ್‌ನಲ್ಲಿ (ಸಂವೇಗ ಮತ್ತು ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳಿಂದ ನಿರೂಪಿಸಲ್ಪಡುವ ಆಕಾಶ) ಸಾಧ್ಯವಿರುವ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಗಾತ್ರವು h^3 ಇರಬೇಕೆಂದು ಮಾತ್ರ ಭಾವಿಸಿ ಪಡೆದಿದ್ದೇನೆ. ಇದನ್ನು ಜರ್ಮನ್ ಭಾಷೆಗೆ ಅನುವಾದಮಾಡುವಷ್ಟು ಜರ್ಮನ್ ಭಾಷೆಯು ನನಗೆ ಬರುವುದಿಲ್ಲ. ತಾವು ಈ ಲೇಖನವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಲು ಅರ್ಹ ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಿದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು Zeitschrift für Physik ನಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸಲು ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಟ್ಟರೆ, ಇದಕ್ಕಾಗಿ ನಾನು ತಮಗೆ ಋಣಿಯಾಗಿರುತ್ತೇನೆ............"

ಬೋಸ್‌ರವರು ಕಪ್ಪು ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ವಿಸರಣವನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ಅಂತರ ಕ್ರಿಯೆ ಇಲ್ಲದ ದ್ಯುತಿಕಣಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ಅನಿಲವೆಂದು ಭಾವಿಸಿ ಅಭಿಜಾತ ಸಂಖ್ಯಾಕಲನಶಾಸ್ತ್ರದಿಂದ ತಿಳಿದುಬಂದಿದ್ದ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು (ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನಲ್ಲ) ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯಮವನ್ನು ಪಡೆದರು (ಈ ವಿಧಾನವನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಅವರ ಲೇಖನದ ಕನ್ನಡಾನುವಾದವನ್ನು ಪರಿಶಿಷ್ಟದಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿದೆ). ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಬೋಸ್‌ರವರು ಇದಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆಯೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯಮವನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಅನುಸರಿಸಿದ ವಿಧಾನವನ್ನು ಪ್ರಶಂಸಿಸಿದರೂ ಸಹ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ವಿವರಣೆಯು ತಾತ್ವಿಕವಾಗಿ ಸಮರ್ಪಕವಾದುದಲ್ಲ ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತಾರೆ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರವರು ತಮ್ಮ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ್ದ ಅಭಿಜಾತ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ವೀನ್‌ನಿಯಮವೇ ಅದರ ಅಸಮರ್ಪಕತೆಗೆ ಕಾರಣ ಎಂದು ಬರೆದಿದ್ದಾರೆ.

ಬೋಸ್‌ರವರ ಲೇಖನದ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ತಮ್ಮ ಅಭಿಪ್ರಾಯವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತಾ, ಅದನ್ನು ಒಂದು "ಗಮನಾರ್ಹ ಮುನ್ನಡೆ" ಎಂದು ವರ್ಣಿಸಿದ್ದಾರೆ.

ತಮ್ಮ ಮೊದಲನೆ ಲೇಖನದ ನಂತರ ತಕ್ಷಣವೆ ಬೋಸ್‌ರವರು "ಪದಾರ್ಥದ ಸಮಕ್ಷಮದಲ್ಲಿ ವಿಸರಣ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಉಷ್ಣೀಯಸಮಸ್ಥಿತಿ" ಎಂಬ ವಿಷಯವಾಗಿ ಮತ್ತೊಂದು ಲೇಖನವನ್ನು ಬರೆದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರಿಗೆ ಕಳಿಸಿದರು. ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಅವರು ವಿಸರಣ ಮತ್ತು ಪದಾರ್ಥದ ನಡುವಿನ ಪರಸ್ಪರ ಅಂತರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಿ, ಕಲನೀಯ (ಸ್ಟಾಟಿಸ್ಟಿಕಲ್) ಸಮಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬೇಕಾಗುವ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಪಡೆದರು. ಆದರೆ ಈ ಲೇಖನವನ್ನು ಕುರಿತು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ತಮ್ಮ ಅಭಿಪ್ರಾಯವನ್ನು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸುತ್ತಾ, ಸಂಭವನೀಯತೆಯನ್ನು ಕುರಿತಾದ ಬೋಸ್‌ರವರ ಆಧಾರ ಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಅನುಚಿತ ಎಂದು ವಿವರಿಸಿದ್ದಾರೆ.

ಬೋಸ್, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ಲೇಖನಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಪಡಿಸಿದ ತರುಣದಲ್ಲೇ ಇಟಲಿದೇಶದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಫರ್ಮಿ ಮತ್ತು ಇಂಗ್ಲೆಂಡ್‌ದೇಶದ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಡಿರಾಕ್ ಇವರುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ಪೌಲಿಬಹಿಷ್ಕರಣತತ್ವವನ್ನು ಪಾಲಿಸುವ ಕಣಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂತೆ ಒಂದು ಹೊಸ ವಿತರಣ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಪಡೆದರು. ಇದರೊಂದಿಗೆ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯಾಕಲನಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ವರೂಪ ಬಂದಿತೆನ್ನಬಹುದು.

ಲೇಖನವನ್ನು ಮುಕ್ತಾಯಗೊಳಿಸುವ ಮುನ್ನ ಕ್ವಾಂಟಂ ಮೆಕಾನಿಕ್ಸನ್ನು ಆಧಾರಿಸಿದ ಆಧುನಿಕ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯಾಕಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ವಿಧಾನವನ್ನು ಗಮನಿಸೋಣ. ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸ್ವತಂತ್ರವಾದ ಮತ್ತು ಪರಸ್ಪರ ಅಂತರಕ್ರಿಯಾರಹಿತವಾದ ಬಹು ಕಣಗಳ ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಿ, ಅದರಲ್ಲಿ ಯಾವುದೆ ಎರಡು ಕಣಗಳನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ಬದಲಾಯಿಸಿದಾಗ ಆ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಯಾವುದೆ ರೀತಿಯ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಕಂಡುಬರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಇಂತಹ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಕ್ವಾಂಟಂ ಮೆಕ್ಯಾನಿಕ್ಸನಲ್ಲಿ, ಅಭಿಜಾತ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣದೆ ಇರುವ, ಕೆಲವು ಕುತೂಹಲಕಾರಿ ವಿಷಯಗಳಿಗೆ ಎಡೆಕೊಡುತ್ತದೆ. ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ n ಕಣಗಳಿದ್ದಾಗ, ಆ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಅಲೆಯುತ್ಪನ್ನವು (ವೇವ್ ಫಂಕ್ಷನ್) ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಒಂಟಿ ಕಣಗಳ ಅಲೆ ಉತ್ಪನ್ನಗಳ ವಿವಿಧ ಗುಣಲಬ್ಧವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಯಾವುದೆ ಎರಡು ಕಣಗಳ ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ಬದಲಾಯಿಸಿದಾಗ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಅಲೆಉತ್ಪನ್ನವು ಸಮಾಂಗೀಯವಾಗಿ (ಸಿಮೆಟ್ರಿಕ್) ಇಲ್ಲವೆ ಪ್ರತಿಸಮಾಂಗೀಯವಾಗಿ (ಆಂಟಿಸಿಮೆಟ್ರಿಕ್) ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಹ್ಯಾಮಿಲ್ಟೋನಿಯನ್ ಪರಿಕರ್ಮಿಯು (ಆಪರೇಟರ್) ಯಾವಾಗಲೂ ಸಮಾಂಗೀಯವಾಗಿಯೇ ಇರಬೇಕಾದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಅಲೆಉತ್ಪನ್ನವು ಮೊದಲಿಗೆ ಸಮಾಂಗೀಯವಾಗಿದ್ದರೆ ಯಾವಾಗಲೂ ಸಮಾಂಗೀಯವಾಗಿಯೇ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ, ಹಾಗೆಯೇ ಮೊದಲಿಗೆ ಅದು ಪ್ರತಿಸಮಾಂಗೀಯವಾಗಿದ್ದರೆ ಯಾವಾಗಲೂ

ಪ್ರತಿಸಮಾಂಗೀಯವಾಗಿ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವೇನೆಂದರೆ, ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರು ಒಂದು ರೀತಿಯ ಕಣಗಳಿಗೆ ಕೇವಲ ಸಮಾಂಗೀಯ ಸ್ಥಿತಿಗಳು ಮಾತ್ರ ಸಂಭವಿಸುತ್ತದೆ ಇಲ್ಲವೇ ಪ್ರತಿಸಮಾಂಗೀಯ ಸ್ಥಿತಿಗಳು ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ (ಕೆಲವು ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಂಥರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಈ ನಿಯಮವು ಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲ). ಆದ್ದರಿಂದ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯಾಕಲನಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಸಮಾಂಗೀಯ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಸಮಾಂಗೀಯ ಕಣಗಳಿಗೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿತರಣ ಸೂತ್ರಗಳು ಆವಶ್ಯಕ ಎಂದು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಸಮಾಂಗೀಯ ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಹೊಂದಿರುವ ಕಣಗಳನ್ನು ನಾವು ಈಗ ಬೋಸಾನ್‌ಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ ಮತ್ತು ಆ ಕಣಗಳು ಬೋಸ್–ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸಂಖ್ಯಾಕಲನಶಾಸ್ತ್ರವನ್ನು ಪಾಲಿಸುತ್ತವೆ. ಇದೇ ರೀತಿ ಪ್ರತಿಸಮಾಂಗೀಯ ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಹೊಂದಿರುವ ಕಣಗಳನ್ನು ಫರ್ಮಿಯಾನ್‌ಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಫರ್ಮಿಯಾನ್‌ಗಳು ಫರ್ಮಿ–ಡಿರಾಕ್ ಸಂಖ್ಯಾಕಲನಶಾಸ್ತ್ರವನ್ನು ಪಾಲಿಸುತ್ತವೆ.

ಸಾಪೇಕ್ಷ ಕ್ವಾಂಟಂ ಕ್ಷೇತ್ರ ಸಿದ್ಧಾಂತದ (ರಿಲೇಟಿವಿಸ್ಟಿಕ್ ಕ್ವಾಂಟಂ ಫೀಲ್ಡ್ ಥಿಯರಿ) ಆಧಾರದಿಂದ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯಾಕಲನಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ಭ್ರಮಣದ ಪರಿಣಾಮದಿಂದಾಗುವ ಸ್ಥಿತಿಗಳ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಿಗೂ ಆಳವಾದ ಭೌತಿಕ ಸಂಬಂಧವಿರುವುದು ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಪೂರ್ಣಾಂಕಭ್ರಮಣವುಳ್ಳ ಕಣಗಳು ಬೋಸಾನ್‌ಗಳೆಂದೂ ಹಾಗೂ ಅರ್ಧಬೆಸಪೂರ್ಣಾಂಕ ಭ್ರಮಣವುಳ್ಳ ಕಣಗಳು ಫರ್ಮಿಯಾನ್‌ಗಳೆಂದೂ ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. ಫರ್ಮಿಯಾನ್ ಸ್ಥಿತಿಗಳು ಪ್ರತಿಸಮಾಂಗೀಯವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲೂ ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಕಣ ಇರುವುದಕ್ಕೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ, ಇದನ್ನೇ ಪೌಲಿಬಹಿಷ್ಕರಣ ತತ್ವವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

ಬೋಸ್‌ರವರ ಮೂಲ ಜರ್ಮನ್ ಲೇಖನದ ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ಅನುವಾದವನ್ನು ಸಮರ್ಥವಾಗಿ ಮಾಡಿಕೊಡುವ ಮೂಲಕ ಈ ಲೇಖನಕ್ಕೆ ಸಹಾಯಮಾಡಿದ ಶ್ರೀಮತಿ ಪಾರ್ವತಿ ಭಾಸ್ಕರನ್ ನಾಯರ್ ಅವರಿಗೆ ನನ್ನ ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳು. ಕನ್ನಡದ ಲೇಖನ ಮತ್ತು ಅನುವಾದವನ್ನು ಸಿದ್ಧಪಡಿಸುವಾಗ ಸಹಕರಿಸಿದ ಪ್ರೊ. ಕೆ. ಶ್ರೀನಿವಾಸನ್ ಮತ್ತು ಶ್ರೀ ರವಿಶಂಕರ್‌ರವರಿಗೆ ನನ್ನ ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳು.

ಪರಿಶಿಷ್ಟ

ಬೋಸ್–ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸಂಖ್ಯಾಕಲನಶಾಸ್ತ್ರದ ಬೋಸ್‌ರವರ ಮೂಲಭೂತ ಲೇಖನದ ಅನುವಾದವನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಕೊಟ್ಟಿದೆ: (ಈ ಅನುವಾದವು ಶ್ರೀಮತಿ ಪಾರ್ವತಿ ಭಾಸ್ಕರನ್‌ನಾಯರ್ ಅವರು ಒದಗಿಸಿಕೊಟ್ಟ ಮೂಲ ಜರ್ಮನ್ ಲೇಖನದ ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ಅನುವಾದವನ್ನು ಆಧಾರಿಸಿದೆ.)

ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯಮ ಮತ್ತು ದ್ಯುತಿ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತ

ಶ್ರೀ ಬೋಸ್

(ಢಾಕಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ. ಇಂಡಿಯ)

(ಸಂಗ್ರಹ) : ದ್ಯುತಿ ಕ್ವಾಂಟಂ ಆವರಿಸಿರುವ ಫೇಸ್‌ಸ್ಪೇಸ್ (ಸಂವೇಗ–ಸ್ಥಾನಗಳಿಂದ ನಿರ್ಧರಿತವಾದ ಆಕಾಶ) ಅನ್ನು, ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಗಾತ್ರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ, h^3 ಗಾತ್ರವಿರುವ ಕೋಶಗಳಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಿದೆ. ಇಂತಹ ಕೋಶಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಥೂಲ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ನಿರೂಪಿತವಾದ ವಿಸರಣ ಶಕ್ತಿಯ ದ್ಯುತಿಕ್ವಾಂಟಂನ ವಿವಿಧ ಹಂಚಿಕೆಗಳು, ಎಂಟ್ರೊಪಿ ಹಾಗೂ ಅದರ ಜೊತೆ, ಉಷ್ಣ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರೀಯ (ಥರ್ಮೋಡೈನಮಿಕ್) ಗುಣಗಳನ್ನು ಕೊಡುತ್ತವೆ.

ಕಪ್ಪು ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಹೊರಬರುವ ವಿಸರಣ ಶಕ್ತಿಯ ವಿತರಣೆಯನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಉಪಯೋಗಿಸಿರುವ ಪ್ಲಾಂಕನ ಸೂತ್ರವು, ಕಳೆದ ಇಪ್ಪತ್ತು ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಆಗಿರುವ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ಮೊದಲ ಹೆಜ್ಜೆಯಾಗಿದೆ. ಇದು ಈಗಾಗಲೆ ವಿವಿಧ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಕೊಟ್ಟಿದೆ. 1901ರಲ್ಲಿ ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯಮವು ಪ್ರಕಟಣೆಯಾದನಂತರ ಅದನ್ನು ವಿವಿಧ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವ ಸಲಹೆಗಳು ಹೊರಟಿದ್ದವು. ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೂಲಭೂತ ಭಾವನೆಗಳಿಗೂ ಹಾಗೂ ಅಭಿಜಾತ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೂ ಹೊಂದಾಣಿಕೆ ಮಾಡುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ ಎಂಬುದು ವಿದಿತವಾಗಿದೆ. ವಿಸರಣ ಶಕ್ತಿಯ ಸಾಂದ್ರತೆ ಮತ್ತು ಆಂದೋಳಕದ ಸರಾಸರಿ ಶಕ್ತಿಗೆ ಸಂಬಂಧ ಕಲ್ಪಿಸುವ

$$P_\nu d\nu = \frac{8\pi\nu^2 E,}{c^3}$$

ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಈ ಎಲ್ಲ ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗಿದೆ ಹಾಗೂ ಈಥರ್ ದ್ರವ್ಯದ ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯಾಂಕಗಳ ಬಗ್ಗೆ, ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ (ಬಲ ಭಾಗದ ಮೊದಲನೆ ಅಂಶ), ಕೆಲವು ಊಹೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಇದು ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಎಲ್ಲ ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿ ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲೂ ಕಂಡು ಬರುವ ಅಸಮಾಧಾನಕರ ಅಂಶ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ತಾರ್ಕಿಕವಾಗಿ ನಿರ್ದುಷ್ಟವಾದ ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿಯನ್ನು ಕೊಡುವುದಕ್ಕೋಸ್ಕರ ಮತ್ತೆ ಮತ್ತೆ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ನಡೆಯುತ್ತಿರುವಲ್ಲಿ ಆಶ್ಚರ್ಯವೇನಿಲ್ಲ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ಒಂದು ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿಯನ್ನು ನೀಡಿದ್ದಾರೆ. ಇಲ್ಲಿಯವರೆಗೂ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿಗಳ ತಾರ್ಕಿಕ ಅಸಮರ್ಪಕತೆಯನ್ನು ಗುರುತಿಸಿ ಅವರು ಪ್ಲಾಂಕ್‌ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಅಭಿಜಾತ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಿಂದ ಮುಕ್ತವಾಗಿರುವ ಬೇರೊಂದು ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿಯನ್ನು ಕೊಡಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಅಣುಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ವಿಸರಣ

ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೂ ನಡೆಯುವ ಪರಸ್ಪರ ಶಕ್ತಿಯ ವಿನಿಮಯದ ಬಗ್ಗೆ ಕೆಲವು ಸರಳ ಊಹೆಗಳಿಂದ ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿ ಕೆಳಗೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದಾರೆ.

$$P_\nu = \frac{a_{mn}}{e^{\frac{\varepsilon_m - \varepsilon_n}{kT}} - 1}$$

ಅವರು ತಮ್ಮ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯಮದೊಂದಿಗೆ ಹೊಂದಾಣಿಕೆ ತರಲು ವೀನ್ ನಿಯಮ ಮತ್ತು ಬೋರ್ ಹೊಂದಾಣಿಕೆಯ ತತ್ವವನ್ನು (ಕರೆಸ್ಪಾಂಡೆನ್ಸ್ ಪ್ರಿನ್ಸಿಪಲ್) ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಯಿತು. ವೀನ್ ನಿಯಮವು ಅಭಿಜಾತ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ ಮೇಲೆ ಆಧಾರಿತವಾಗಿದೆ; ಬೋರ್ ಹೊಂದಾಣಿಕೆಯ ತತ್ವದಪ್ರಕಾರ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಕೇವಲ ಕೆಲವು ಮಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಅಭಿಜಾತ ಸಿದ್ಧಾಂತದೊಂದಿಗೆ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ಈ ಎಲ್ಲ ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿಗಳಲ್ಲೂ ತಾರ್ಕಿಕ ಸಮರ್ಪಕತೆಯು ಅಷ್ಟಾಗಿ ಕಂಡು ಬರುವುದಿಲ್ಲ. ನನಗನಿಸುವ ಪ್ರಕಾರ, ದ್ಯುತಿಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತವು, (ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಪ್ಲಾಂಕ್ ಬದಲಾಯಿಸಿರುವ) ಸಂಖ್ಯಾಕಲನೀಯ ಬಲ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ, ಅಭಿಜಾತ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಿಂದ ಮುಕ್ತವಾಗಿ ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯಮದ ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿಯನ್ನು ಕೊಡಲು ಸಮರ್ಥವಾಗಿದೆ. ಮುಂದೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿ ನಾನು ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಚರ್ಚಿಸಿದ್ದೇನೆ.

ವಿಸರಣವು V ಗಾತ್ರವಿರುವ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ಆವರಿಸಿದೆ ಮತ್ತು ಅದರ ಶಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತ E ದತ್ತ ಪ್ರಮಾಣಹೊಂದಿದೆ ಎಂದಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ. $h\nu_s$ ಶಕ್ತಿ ಇರುವ N^s ಕ್ವಾಂಟಂಗಳ ರೀತಿಯ ವಿವಿಧ ಗುಂಪುಗಳಿವೆ ಎಂದಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಶಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತವು

$$E = \sum_s N_s\, h\nu_s = V \int \rho_\nu\, d\nu \qquad (1)$$

ಆಗುತ್ತದೆ. ಸಮಸ್ಯೆ ಪರಿಹಾರವಾಗಬೇಕಾದರೆ N_s ಅನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ ಹಾಗೂ N_s ನಿಂದ p_ν ಅನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಯಾವುದಾದರೊಂದು N_s ನಿಂದ ಗುರುತಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಶಕ್ತಿಯ ವಿತರಣೆಯ ಸಂಭವನೀಯತೆಯನ್ನು ನಾವು ಹೇಳಬಹುದಾದರೆ, ಸಮಸ್ಯೆಯ ಪರಿಹಾರವು, ಈ ಸಂಭವನೀಯತೆಯು ಅಧಿಕತಮವಾಗಿರುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಸಮೀಕರಣ (1) ಅನ್ನು ಕೂಡ ಪಾಲಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಸಂಭವನೀಯತೆಯನ್ನು ನಾವೀಗ ಕಂಡುಹಿಡಿಯೋಣ.

ವೇಗದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಕ್ವಾಂಟಂನ ಸಂವೇಗವು $h\nu/c$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಸಂವೇಗವಿರುವ ಕ್ವಾಂಟಂನ ಸ್ಥಿತಿಯು ಅದರ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳಾದ x, y, z, ಮತ್ತು ಅದರ ಸಂವೇಗದ ಅಂಗಗಳಾದ p_x , p_y , p_z ಗಳಿಂದ ನಿರೂಪಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ಆರು ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು 6–ವಿಮಿತಿಗಳ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಬಿಂದುವಿನ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳು ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು. ಈ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ

$$p_x{}^2+p_y{}^2+p_z{}^2=\frac{h^2\nu^2}{c^2}$$

ಸಂಬಂಧದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಬಿಂದುವು ಕ್ವಾಂಟಂನ ಆವರ್ತಾಂಕ ν ಇಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಡುವ ಸ್ತಂಭಾಕೃತಿಯ ಒಳಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಫೇಸ್ ಸ್ಪೇಸ್ ನಲ್ಲಿನ ಗಾತ್ರವು, ಅಂದರೆ

$$\int dp_x\ dp_y\ dp_z\ dxdydz=V\,4\pi\left(\frac{h\nu}{c}\right)^2\frac{hd\nu}{c}=4\pi\,\frac{h^3\nu^2}{c^3}\,Vd\nu,$$

ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನೋಡಿದಾಗ ಆವರ್ತಾಂಕ ವ್ಯಾಪ್ತಿ $d\nu$ ಗೆ ಸೇರಿರುತ್ತದೆ.

ಫೇಸ್ ಸ್ಪೇಸ್‌ನಲ್ಲಿನ ಗಾತ್ರವನ್ನು h^3 ಗಾತ್ರವಿರುವ ಕೋಶಗಳಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಿದರೆ, $4\pi\,V\frac{\nu^2}{c^3}\,d\nu$ ಕೋಶಗಳು $d\nu$ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯ ವಿಭಾಗದ ಬಗ್ಗೆ ಏನನ್ನೂ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಹೇಳಬರುವುದಿಲ್ಲ. ಕೋಶಗಳ ಒಟ್ಟು ಮೊತ್ತವನ್ನು ಒಂದು ದತ್ತ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಕ್ವಾಂಟಂಗೆ ಪ್ರಾಪ್ತವಾಗುವ ವಿವಿಧ ಸ್ಥಿತಿ (ಸ್ಟೇಟ್ಸ್) ಗಳೆಂದೂ ಸಹ ನೋಡಬಹುದು. ಧೃವೀಕರಣವನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದು ಕೊಂಡರೆ, ಸಮೀಕರಣವನ್ನು 2 ರಿಂದ ಗುಣಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ $d\nu$ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ $8\pi\,V\frac{\nu^2 d\nu}{c^3}$ ಕೋಶಗಳಿರುತ್ತವೆ.

ಸ್ಥಿತಿಯ (ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ನಿರ್ಣಯಿಸಿದ) ಸಂಭವನೀಯತೆಯನ್ನು ಈಗ ಸುಲಭ ವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಆವರ್ತಾಂಕ $d\nu$ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಕ್ವಾಂಟಂಗಳ ಮೊತ್ತ N^s ಆಗಿರಲಿ. $d\nu$ ವ್ಯಾಪ್ತಿಗೆ ಸೇರಿರುವ ಈ ಕೋಶಗಳನ್ನು ಎಷ್ಟು ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ಭಾಗಗಳಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು? $p^s{}_0$ ಎಂಬುದು ಖಾಲಿ ಇರುವ ಕೋಶಗಳ ಮೊತ್ತವಾಗಿಯೂ, $p^s{}_1$, $p^s{}_2$ . . . ಎಂಬುದು ಕ್ರಮವಾಗಿ 1, 2, . . . ಕ್ವಾಂಟಂ ಗಳು ಇರುವ ಕೋಶಗಳ ಮೊತ್ತವಾಗಿಯೂ ಇರಲಿ. ಈಗ ಸಾಧ್ಯವಾಗುವ ವಿಂಗಡನೆಗಳ ಮೊತ್ತವು

$$\frac{A^s\,!}{p^s{}_0!\,p^s{}_1!\,p^s{}_2!\cdots}$$

ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ

$$A^s = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} d\nu^s$$

ಮತ್ತು $d\nu^s$ ವ್ಯಾಪ್ತಿಗೆ ಸೇರಿರುವ ಕ್ವಾಂಟಂಗಳ ಮೊತ್ತ

$$N^s = 0\, p^s{}_0 + 1\, p^s{}_1 + 2\, p^s{}_2 + \ldots$$

ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ವಿವಿಧ p^s_r ಗಳಿಂದ ನಿರ್ಣಯಿಸಲ್ಪಡುವ ಸ್ಥಿತಿಯ ಸಂಭವನೀಯತೆಯನ್ನು (W) ಹೀಗೆಂದು ಬರೆಯಬಹುದು,

$$\prod_s \frac{A^s\,!}{p^s{}_0!\, p^s{}_1!\, p^s{}_2!\, \cdots}$$

ನಾವು p^s_r ಗಳನ್ನು ಬಹಳ ದೊಡ್ಡ ಅಂಕೆಗಳೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಿದರೆ,

$$log\, W = \sum_s A^s \, log\, A^s - \sum_s \sum_r p^s_r \, log\, p^s_r$$

ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ ; ಇಲ್ಲಿ

$$A^s = \sum_r p^s_r$$

ಈ ವಿಸ್ತರಣೆಯು ಕೆಳಗೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಸಹಾಯಕ ನಿಯಮಗಳ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ಅಧಿಕತಮವಾಗಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ–

$$E = \sum_s N^s \, h\nu^s \; ; \; N^s = \sum_r r p^s_r$$

ಇವುಗಳನ್ನು ವ್ಯತ್ಯಸ್ತಗೊಳಿಸಿದಾಗ,

$$\sum_s \sum_r \delta\, p^s_r \,(1 + log\, p^s_r) = 0, \;\; \sum \delta N^s \, h\nu^s = 0, \;\; \sum_r \delta\, p^s_r = 0,$$

$$\delta\, N^s = \sum_r r\, \delta\, p^s_r$$

ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ, ಇದರಿಂದಾಗಿ,

$$\sum_s \sum_r \delta\, p^s_r \,(1 + log\, p^s_r + \lambda^s) + \frac{1}{\beta} \sum_s h\nu^s \sum_r r\, \delta\, p^s_r = 0$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣವು ಬರುತ್ತದೆ. ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದಾಗಿ, ಮೊದಲಿಗೆ

$$p^s_r = B^s \, e^{-\frac{rh\nu^s}{\beta}}$$

ಬರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಮುಂದೆ

$$A^s = \sum_r B^s e^{-\frac{rh\nu^s}{\beta}} = B^s \left(1-e^{-\frac{h\nu^s}{\beta}}\right)^{-1}$$

ಆಗುವುದರಿಂದ

$$B^s = A^s \left(1-e^{-\frac{h\nu^s}{\beta}}\right)$$

ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ

$$N^s = \sum_r r\, p_r^s = \sum_r r A^s \left(1-e^{-\frac{h\nu^s}{\beta}}\right) e^{-\frac{rh\nu^s}{\beta}}$$

$$= \frac{A^s\, e^{-\frac{h\nu^s}{\beta}}}{1-e^{-\frac{h\nu^s}{\beta}}}$$

ಇದರ ಜೊತೆಗೆ ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ A^s ನ ಲಕ್ಷಣವನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಿದಾಗ,

$$\dot{E} = \sum_s \frac{8\pi h\nu^{s\,3} d\nu^s}{c^3}\, V \frac{e^{-\frac{h\nu^s}{\beta}}}{1-e^{-\frac{h\nu^s}{\beta}}}$$

ಎಂದು ಪ್ರಾಪ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಪರಿಣಾಮಗಳಿಂದಾಗಿ

$$S = k \left[\frac{E}{\beta} - \sum_s A^s \log\left(1-e^{\frac{h\nu^s}{\beta}}\right)\right]$$

ಎಂದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ, ಅಲ್ಲದೆ $\frac{\partial s}{\partial E} = \frac{1}{T}$ ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿದಾಗ, ಇಲ್ಲಿ $\beta = kT$ ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು E ಗೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಹಾಕಿದಾಗ,

$$E = \sum_s \frac{8\pi h\nu^{s\,3}}{c^3} V \frac{1}{e^{\frac{h\nu^s}{kT}} - 1}\, d\nu^s$$

ದೊರಕುತ್ತದೆ. ಇದು ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ.
(ಎ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರಿಂದ ಅನುವಾದಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದು).

ಅನುವಾದಕರ (ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್) ಟಿಪ್ಪಣಿ : ಬೋಸ್‌ರವರು ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಪ್ಲಾಂಕ್ ಸೂತ್ರದ ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿಯು, ನನ್ನ ಅಭಿಪ್ರಾಯದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ಪ್ರಗತಿಯ ಹೆಜ್ಜೆಯಾಗಿದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ವಿಧಾನವು ಆದರ್ಶ ಅನಿಲಗಳ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಸಹ ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಅದನ್ನು ನಾನು ಬೇರೆ ಕಡೆಯಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸುತ್ತೇನೆ

ಮನವೇಂದ್ರನಾಥ ಶೆಟ್ಟಿ

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಮತ್ತು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸತ್ಯ

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತವು ಮಾನವ ಚರಿತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರಮುಖವಾದ ಭೌದ್ಧಿಕ ಸಾಧನೆ. ವಿಜ್ಞಾನದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮೈಲಿಗಲ್ಲು. ಅಲ್ಲದೇ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತವು ಅನುಭವವಾದ (Empiricism) ಧೋರಣೆಯ ಪ್ರಮಾಣವಾಗಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಪರಿಗಣಿತವಾಗಿದೆ. ಸುಮಾರು ಇನ್ನೂರು ವರ್ಷಕ್ಕೂ ಮಿಗಿಲಾಗಿ ಅತ್ಯಂತ ಯಶಸ್ಸನ್ನು ಗಳಿಸಿ ಸುಭದ್ರ ಸಿದ್ಧಾಂತವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗಿದ್ದ ಅಭಿಜಾತ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನವು ತನ್ನ ಅತ್ಯುನ್ನತ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಕೇವಲ ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗದಿಂದಾಗಿ (ಮೈಕೆಲ್ಸನ್ - ಮೋರ್ಲೆ ಪ್ರಯೋಗ) ಕಳೆದುಕೊಂಡಿತು ಮತ್ತು ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತ ರೂಪುಗೊಳ್ಳಲು ಕಾರಣವಾಯಿತು ಎಂಬ ಕಲ್ಪನೆಯು ಇಂದಿಗೂ ಪ್ರಚಲಿತವಾಗಿದೆ.

ಆದರೆ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ಹೇಳಿಕೆಗಳು, ಲೇಖನಗಳು ಮತ್ತು ಅವರ ಮೇಲಿನ ಪ್ರಭಾವಗಳು ಇವುಗಳನ್ನು ವಿಮರ್ಶಾತ್ಮಕನಾಗಿ ಅವಲೋಕಿಸಿದಾಗ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಆವಿರ್ಭಾವದ ಬಗ್ಗೆ ಬೇರೆ ರೀತಿಯ ವಿಚಾರಗಳು ಮತ್ತು ವಾದ ಸರಣಿಗಳು ಗೋಚರವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಿಂದ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಪರಾಮರ್ಶಿಸಿದಾಗ, ಇದು ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕ ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ಬೆಳವಣಿಗೆ ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ, ವಿಜ್ಞಾನದ ಬಗ್ಗೆ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಇರುವ ಧೋರಣೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಬಲ್ಲವೆಂದು ತೋರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ, ಪ್ರಾಯಶಃ, ವಿಜ್ಞಾನದ ವಿಧಾನ ಮತ್ತು ಗುರಿಯ ಬಗ್ಗೆ ನಮಗಿರುವ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಪುನರ್‌ನಿರ್ಣಯಿಸಬೇಕಾಗಬಹುದು ; ಇದೇ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ತಮ್ಮ ಜೀವನವಿಡೀ ತೊಡಗಿದ್ದರು

I

ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಆವಿಷ್ಕಾರದಲ್ಲಿ* ಮೈಕೆಲ್ಸನ್–ಮೋರ್ಲೆ ಪ್ರಯೋಗದ

* ಈ ಲೇಖನದ ಮೊದಲನೆ ಭಾಗವನ್ನು " Thematic Origins of Scientific Thought-Kepler to Einstein " G. Holten ಎಂಬ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಆಧರಿಸಿ ಬರೆಯಲಾಗಿದೆ.

ಶೂನ್ಯ ಫಲಿತಾಂಶದ ಪ್ರಭಾವವು ಎಳ್ಳಷ್ಟು ಇಲ್ಲವೆಂದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ಅಲ್ಲಲ್ಲಿ ಹೇಳಿದ್ದಾರೆ. ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಮೂಲ ಲೇಖನದ ("On the Electrodynamics of Moving bodies"–1905) ಪ್ರಕಟಣೆಯ ನಂತರವೇ ಆ ಪ್ರಯೋಗದ ಶೂನ್ಯ ಫಲಿತಾಂಶದ ಹಾಗೂ ಇದನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಮಂಡಿಸಿದ ಲೋರೆನ್ಟ್ಸ್ ಪರಿವರ್ತನ ಸೂತ್ರಗಳ ಬಗ್ಗೆ ತಮಗೆ ಅರಿವಾಯಿತೆಂದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ತಿಳಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಇದೇ ವಿಷಯವು ಅವರ ಲೇಖನವನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದಾಗಲೂ ಕೂಡ ವಿದಿತವಾಗುತ್ತದೆ; ಇದನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಲು ಅವರ ಲೇಖನದಲ್ಲೇ ಹಲವಾರು ಸ್ಪಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಸಿಗುತ್ತವೆ.

ಮೊದಲನೆಯದಾಗಿ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ಶೂನ್ಯದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಯಾವುದೇ ಪ್ರಯೋಗದ ಫಲಿತಾಂಶವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸದೇ ಅದನ್ನು ಒಂದು ಆಧಾರಭಾವನೆ ಎಂದೇ ಪರಿಗಣಿಸಿದರು. ಅಲ್ಲದೇ ಈ ವಿಷಯುವನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಯಾವುದೇ ಪ್ರಯೋಗದ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಬೆಳಕಿನ ಸ್ಥಿರವೇಗದ ಆಧಾರಭಾವನೆಯ ಮೂಲಕವೆ ವಿವರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಎರಡನೆಯದಾಗಿ, ಲೋರೆನ್ಟ್ಸ್ ಮಾಡಿದಂತೆ ಪರಿವರ್ತನ ಸೂತ್ರಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸದೆ, ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೂಲ ಆಧಾರಭಾವನೆಗಳ ಮೂಲಕ ಅವುಗಳನ್ನು ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿಗೊಳಿಸಿದರು. ಆದುದರಿಂದ ಅವರಿಗೆ ಲೋರೆನ್ಟ್ಸ್ ಪರಿವರ್ತನ ಸೂತ್ರಗಳ ಪೂರ್ವಭಾವಿ ಅರಿವಿನ ಅಗತ್ಯವಿರಲಿಲ್ಲ. ಮೂರನೆಯದಾಗಿ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ತಮ್ಮ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಹೇಳಿರುವಂತೆ "ಈಗಾಗಲೆ ತಿಳಿದುಬಂದಿರುವಂತೆ ಮೊದಲನೆ ಶ್ರೇಣಿಯ ಪರಿಮಾಣಗಳ (first order quantities–v/c) ತನಕ, ಮೈಕ್ಯಾನಿಕ್ಸನ ನಿಯಮಗಳು ಸಮಂಜಸವಾಗಿರುವ ಯಾವುದೇ ನಿರ್ದೇಶಕ ಆಕಾಶವನ್ನು (coordinate frame) ಪರಿಗಣಿಸಿದಾಗ, ಅದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಆಪ್ಟಿಕ್ಸನ ನಿಯಮಗಳು ಸಮಂಜಸವಾಗಿರುತ್ತದೆ". ಈ ಹೇಳಿಕೆಯು ಲೋರೆನ್ಟ್ಸ್‌ನ 1892ರ ಲೇಖನಕ್ಕೆ ಮತ್ತು 1895ರ ಪುಸ್ತಕಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆ ಶ್ರೇಣಿಯ ಪರಿಮಾಣಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಸೀಮಿತವಾದ ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿಯನ್ನು ಲೋರೆನ್ಟ್ಸ್‌ನು 1904ರಲ್ಲಿ ಎರಡನೆಯ ಶ್ರೇಣಿಯ ಪರಿಮಾಣಗಳಿಗೂ ವಿಸ್ತರಿಸಿದರು. ಆದರೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ಮೇಲಿನ ಹೇಳಿಕೆಯನ್ನು ಗಮನಿಸಿದಾಗ, ಲೋರೆನ್ಟ್ಸ್‌ನ 1904ರ ಲೇಖನದ ಅರಿವು ಅವರಿಗೆ ಇರಲಿಲ್ಲ ಎಂದು ಖಚಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಅಲ್ಲದೇ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ತಮ್ಮ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಲೋರೆನ್ಟ್ಸ್‌ನ 1895ರ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಎರಡುಬಾರಿ ಪರಾಮರ್ಶಿಸಿದರೂ 1904ರ ಲೇಖನವನ್ನು ಎಲ್ಲೂ ಉಲ್ಲೆಖಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಕೊನೆಯದಾಗಿ, ಪ್ಲಾಂಕ್ 1906ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಂತೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ಕೊಟ್ಟ ಪರಿವರ್ತನ ಸೂತ್ರಗಳು ಲೋರೆನ್ಟ್ಸ್ ಸೂತ್ರಗಳನ್ನು ಹೋಲುತ್ತವೆಯಾದರೂ ಸಹ, ಅವರು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳ ಬಲವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಜಡಮಾನ ಮತ್ತು ಬಲ ಇವುಗಳಿಗೆ ಕೊಟ್ಟ ಸೂತ್ರಗಳು ಈಗ ಪ್ರಚಲಿತವಾಗಿರುವ ರೂಪ ಹೊಂದಿದ್ದ ಲೋರೆನ್ಟ್ಸ್‌ನ ಸೂತ್ರಗಳಿಗಿಂತ ಭಿನ್ನವಾಗಿದ್ದವು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ತಮ್ಮ ಲೇಖನದ ಎರಡನೆಯ ಪ್ಯಾರಾದಲ್ಲಿ ಭೂಮಿ ಈಥರ್ ನಡುವಿನ ಸಾಪೇಕ್ಷ ವೇಗವನ್ನು ಗುರುತಿಸುವಲ್ಲಿ ವಿಫಲವಾದ ಪ್ರಯತ್ನಗಳನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತಂದುಕೊಂಡಿರುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿದಾಗ ಅವರಿಗೆ ಮೈಕೆಲ್ಸನ್-ಮೋರ್ಲೆ ಪ್ರಯೋಗದ ಅರಿವಿತ್ತೇ ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆ ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತದೆ. ಹಾಗಿದ್ದರೂ ಶಾಂಕ್‌ಲ್ಯಾಂಡ್ ಮತ್ತಿತರರೊಂದಿಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಹೇಳಿರ ವಂತೆ ಅವರು ಯಾವಾಗಲೂ ಬೆಳಕಿನವೇಗ ಸ್ಥಿರ ಎಂದೇ ಪರಿಗಣಿಸಿದ್ದರು. ಈ ನಂಬಿಕೆಯನ್ನು ಅವರು 'ಸ್ಟೆಲ್ಲಾರ್ ಅಬರೇಷನ್' ಮತ್ತು ಫೀಸೋನ 'ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ' ಇವುಗಳನ್ನು ಕುರಿತಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೇಲೆ ಆಧರಿಸಿದ್ದರು. ಅವರು "ಈ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಸಾಕು" ಎಂದೆಣಿಸಿದ್ದರು.

ಮೇಲೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಆಧಾರಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿದಾಗ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ಲೇಖನದ ಮೇಲೆ ಮೈಕೆಲ್ಸನ್-ಮೋರ್ಲೆ ಪ್ರಯೋಗದ ಪ್ರಭಾವವು ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಆವಿರ್ಭಾವಕ್ಕೆ ಕಾರಣೀಭೂತವಾಗಿತ್ತು ಎಂಬ ಭಾವನೆಯು ಯಾಕೆ ಪ್ರಚಲಿತವಾಗಿದೆ ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಯು ಬರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಉತ್ತರವನ್ನು ನಾವು ವಿವಿಧ ಮೂಲಗಳಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದು. ವಿಜ್ಞಾನವು ಅನುಗಮಿತ ಜ್ಞಾನ (inductive knowledge) ಎಂಬ ಧೋರಣೆಯು ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಿರಬಹುದು. ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಈ ಲೇಖನದ ಎರಡನೆಯ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ವಿವರವಾಗಿ ಚರ್ಚಿಸೋಣ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನದ ವಿಷಯವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುವ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಈ ಎರಡು ವಿಷಯಗಳ ನಡುವೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸಂಬಂಧವು ಅನಿವಾರ್ಯವಾಗಿ ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲದೇ ಈ ಎರಡು ಘಟನೆಗಳ ಚಾರಿತ್ರಿಕ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವೂ ಸಹ ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುತ್ತದೆ.

ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನದ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ಸಿದ್ಧಾಂತಿಸುವ ಧೋರಣೆಯು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಅನಿವಾರ್ಯವಾಗಿ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಅನುಗಮಿತ ವಿಧಾನಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಗಮನಕೊಟ್ಟಿರುತ್ತಾರೆ. ಯಾವುದೇ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗದ ಆಧಾರವಿಲ್ಲದೆ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಮಂಡಿಸಲಾಗಿದೆ ಎಂಬ ಭಾವನೆಯು ಕಂಡುಬಂದರೆ ಅದರಿಂದ ರೂಢಿಯಲ್ಲಿರುವ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ವಿಧಾನಕ್ಕೆ ಧಕ್ಕೆಯುಂಟಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬ ಅಭಿಪ್ರಾಯವು ಬರಬಹುದು. ಅದರಲ್ಲೂ, ಸಾಮಾನ್ಯ ಕಲ್ಪನೆಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾದ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೇಲೆ ಆಧರಿಸದೇ, ಕೇವಲ ತಾತ್ತ್ವಿಕವಾಗಿಯೆ ಸಿದ್ಧಾಂತಿಸಲಾಗಿವೆ ಎಂದರೆ ಅದು ಖಂಡಿತವಾಗಿ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರ.

ಇದಲ್ಲದೇ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ ಮೂಲ ಮತ್ತು ಅದರ ಚಾರಿತ್ರಿಕ ಹಿನ್ನೆಲೆಗಳಿಗಿಂತ ಅವುಗಳ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಾಂಗತ್ಯ ಮತ್ತು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸತ್ಯಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆ ನೀಡಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ಚಾರಿತ್ರಿಕ ಸತ್ಯವು ವಿರೂಪಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಭೂಮಿಯ ವೇಗವನ್ನು ಈಥರ್‌ನ ಹರಿಯುವಿಕೆಯಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಬಹುದು ಎಂಬ ಭಾವನೆಯು ಹತ್ತೊಂಬತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಇತ್ತು. ಸುಮಾರು ಇನ್ನೂರು ವರ್ಷಗಳಿಗೂ ಮೀರಿದ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿದ್ದ ನ್ಯೂಟನ್‌ನ ಮೆಕ್ಯಾನಿಕ್ಸ ಅನ್ನು ಗಮನಿಸಿದಾಗ, ಈ ರೀತಿಯ ಭಾವನೆ ಬರುವುದು ಸಹಜ. ಈಥರ್‌ನ ಹರಿಯುವಿಕೆಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವಲ್ಲಿ 'ಸ್ಟೆಲ್ಲಾರ್ ಅಬರೇಷನ್' ಮತ್ತು ಫೀಸೋನ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ವಿಫಲವಾದವು. ಈ 'ವಿಫಲತೆ'ಯನ್ನು ಗಮನಿಸಿ, ಮೈಕೆಲ್ಸನ್ 1880ರಲ್ಲಿ ಮೇಲಿನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗಿಂತ ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾದ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಲು ಸಂಕಲ್ಪಿಸಿದ. ಈ ಪ್ರಯೋಗವೂ ಶೂನ್ಯ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನೇ ಕೊಟ್ಟಿತು. ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ವಿಫಲತೆಯಿಂದ ಮೈಕೆಲ್ಸನ್‌ಗೆ ನಿರಾಶೆಯಾಗಿತ್ತು. ಮೈಕೆಲ್ಸನ್ ಹೇಳಿದಂತೆ 'ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ಫಲಿತಾಂಶವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಸಮಸ್ಯೆಗೆ ಉತ್ತರವನ್ನು ಇನ್ನೂ ಹುಡುಕಬೇಕಾಗಿದೆ". ಇದೇ ಹಾದಿಯಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರೆಯುತ್ತಾ ಮೈಕೆಲ್ಸನ್, ಮೋರ್ಲೆಯ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಸುಮಾರು 1920ರವರೆಗೂ ನಡೆಸಿದ. ಈ ಶೂನ್ಯಫಲಿತಾಂಶದಿಂದ, ಮೈಕೆಲ್ಸನ್ ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ, ಕೆಲ್ವಿನ್ ಲೋರೆನ್ಟ್ಸ ಮತ್ತು ರ್‍ಯಾಲೆ ಮುಂತಾದ ಪ್ರಮುಖ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳೂ ನಿರಾಶೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರು ಮತ್ತು ಅವರೆಲ್ಲರೂ ಮೈಕೆಲ್ಸನ್‌ಗೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮುಂದುವರೆಸಲು ಪ್ರೋತ್ಸಾಹಿಸಿದ್ದರು.

ಮೈಕೆಲ್ಸನ್ ಪ್ರಯೋಗದ ಫಲಿತಾಂಶವು ನಿಗೂಢ ಎಂದು ಕಂಡುಬಂದರೆ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಅದಕ್ಕಿಂತಲೂ ನಿಗೂಢ ಎಂದು ಆಗಿನ ಕಾಲದ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಅನ್ನಿಸಿತು. 1905ರಲ್ಲಿ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಟಣೆಯ ನಂತರ ಹಲವು ವರ್ಷಗಳವರೆಗೂ ಅದಕ್ಕೆ ಯಾವ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಪ್ರಮಾಣವೂ ಇರಲಿಲ್ಲ. ಪ್ಲಾಂಕ್ 1907ರಲ್ಲಿ ಹೇಳಿದಂತೆ, ಮೈಕೆಲ್ಸನ್ ಪ್ರಯೋಗವು ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಏಕಮಾತ್ರ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಪ್ರಮಾಣವಾಗಿತ್ತು. ನಂತರದ ದಶಕದಲ್ಲಿ ಈ ಎರಡು ವಿಷಯಗಳ ನಡುವೆ ಸಂಧಾನ ಕಲ್ಪಿಸಲು ಇದು ಒಂದು ಕಾರಣ. ಮೈಕೆಲ್ಸನ್ ಪ್ರಯೋಗವು ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಪ್ರಮಾಣ ವಾಗಿದ್ದರೆ, ಇದಕ್ಕೆ ವಿಪರ್ಯಯವಾಗಿ, ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತವು, ಮೈಕೆಲ್ಸನ್ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ತಾತ್ಕಾಲಿಕವಾಗಿ ಮುಂದಿಟ್ಟ ಲೋರೆನ್ಟ್ಸ-ಫಿಟ್ಸ್ ಜೆರಾಲ್ಡ ಸಂಕೋಚನ (contraction)ವಾದಕ್ಕಿಂತ ಸಮರ್ಥವಾದ ವಿವರಣೆಯಾಗಿತ್ತು. ಈ ಕಾರಣಗಳಿಂದಾಗಿ, ಅಂದು ಕಲ್ಪಿಸಿದ ಈ ಎರಡು ಘಟನೆಗಳ ಹೊಂದಾಣಿಕೆಯು ವಿಜ್ಞಾನದ ಚರಿತ್ರೆಯ ಒಂದು ಅವಿಭಾಜ್ಯ ಅಂಗವಾಗಿ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಿದೆ.

ಈಥರ್‌ನ ಇರುವಿಕೆಯ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಹೊರಟ ಮೈಕೆಲ್ಸನ್ ಪ್ರಯೋಗದ ಶೂನ್ಯ ಫಲಿತಾಂಶ ಹಾಗೂ ಇದನ್ನು ನಿವಾರಿಸಲು ಹೊರಟ ಲೋರೆನ್ಟ್ಸನ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದದ ಜನನಕ್ಕೆ ಮೂಲಭೂತ ಕಾರಣಗಳೆಂಬ ವಾದವನ್ನು

ನಾವು ನಿರಾಕರಿಸಿದರೆ, ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಮಂಡಿಸಲು ಕಾರಣೀಭೂತವಾದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳಾವುವು ಮತ್ತು ಅವರ ಮೇಲಿನ ಪ್ರಭಾವಗಳಾವುವು ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆ ಬರುತ್ತದೆ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ಹೇಳಿಕೆಗಳೇ ಈ ವಿಷಯದ ಬಗ್ಗೆ ಬೆಳಕನ್ನು ಚೆಲ್ಲುತ್ತವೆ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ರೈಕೆನ್‌ಬಾಕ್ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ "ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಮರಸ್ಯವನ್ನು ಹುಡುಕುವುದೇ ನನ್ನ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಅನ್ವೇಷಣೆಯ ಗುರಿ" ಎಂದಿದ್ದಾರೆ. ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ, ಇದು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ನಿರೂಪಣೆಯಲ್ಲಿನ ಅಸಮ್ಮಿತ (asymmetry)ವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೂಲ ಲೇಖನವು ಈ ಅಸಮ್ಮಿತವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವುದರಿಂದಲೇ ಪ್ರಾರಂಭವಾಗುತ್ತದೆ— "ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಈಗಿನ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಿದಾಗ ಅಸಮ್ಮಿತಿಗೆ ಎಡೆಕೊಡುತ್ತದೆ. ಈ ಅಸಮ್ಮಿತಿಯು ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಅಂತರ್ಗತವಾಗಿರುವಂತೆ ಕಂಡುಬರುವುದಿಲ್ಲ''. ಈ ಹೇಳಿಕೆಯು ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಮತ್ತು ಅಯಸ್ಕಾಂತಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತಹ ಸಮಸ್ಯೆಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವು ಚಲನೆಯಲ್ಲಿದ್ದು, ಅಯಸ್ಕಾಂತವು ಸ್ಥಿರವಾಗಿದ್ದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಪ್ರಮಾಣ ಮತ್ತು ಅದರ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದಾಗ, ಅದು ಅಯಸ್ಕಾಂತವು ಅದೇ ರೀತಿಯ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿದ್ದು ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕವು ಸ್ಥಿರವಾಗಿದ್ದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಪ್ರಮಾಣ ಮತ್ತು ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಸಮತಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ತಿಳಿದಿತ್ತು. ಹೀಗೆ ಉಂಟಾದ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಪ್ರಮಾಣ ಮತ್ತು ದಿಕ್ಕು ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಮತ್ತು ಅಯಸ್ಕಾಂತದ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಅವಲಂಬಿಸಿದ್ದರೂ, ಆಗಿನ ಕಾಲದ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ, ವಿದ್ಯುತನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವ ಕಾರಣಗಳು ಎರಡು ಸಮಯದಲ್ಲಿಯೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿದ್ದಿತು. ಈ ಅಸಮ್ಮಿತಿಯನ್ನು ಯಾರೂ ತೀಕ್ಷ್ಣವಾಗಿ ಗುರುತಿಸಿರಸಲಿಲ್ಲ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ಈ ಅಸಮ್ಮಿತಿಯನ್ನು ಮೊದಲ ಬಾರಿಗೆ ಗುರುತಿಸಿದನಂತರ ಈ ಸಮಸ್ಯೆಗೆ ಉತ್ತರವಾಗಿ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದವನ್ನು ಮುಂದಿಟ್ಟರು.

ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಜನನಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾದ ಮತ್ತೊಂದು ಅಂಶವು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ಲೇಖನದ ಎರಡನೆಯ ಪ್ಯಾರಾದಲ್ಲಿ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಅದರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ಹೀಗೆಂದು ಬರೆಯುತ್ತಾರೆ–"ಬೆಳಕಿನ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ ಈಥರ್‌ಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷಸಾಗಿ ಭೂಮಿಯ ಚಲನೆಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ನಡೆಸಿದ ವಿಫಲ ಯತ್ನಗಳಿಂದಾಗಿ (ಇದು ಫೀಸೊ ಮತ್ತು 'ಸ್ಟೆಲ್ಲಾರ್ ಅಬರೇಷನ್' ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ) ಮೇಕ್ಯಾನಿಕ್ಸ್ ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಜಲವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿಯೂ ಸಹ ನಿರಪೇಕ್ಷ ನಿಶ್ಚಲತೆ (absolute rest) ಎಂಬ ಪ್ರಕಲ್ಪನೆಯು ಸರಿಯಲ್ಲ ಎಂದು ಊಹಿಸಬಹುದು . . . . . ಅದರಿಂದಾಗಿ ಈಥರ್ ಎಂಬ ಪ್ರಕಲ್ಪನೆಯೇ ಅನವಶ್ಯಕ".

ಈ ವಾಕ್ಯಗಳು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ಗವರ ವಿಚಾರಧಾರೆಯ ಮತ್ತೊಂದು ಅಂಶವನ್ನು, ಅಂದರೆ ಈಥರ್‌ನ ಮತ್ತು ನಿರಪೇಕ್ಷ ನಿಶ್ಚಲತೆಯ ಅನಾವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನು ಎತ್ತಿ ತೋರಿಸುತ್ತವೆ.

ಮೈಕೆಲ್ಸನ್-ಮೋರ್ಲೆ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದಾಗಿ ಈಥರ್ ತ್ಯಜಿಸುವಿಕೆಯು ಬಂದಿರ ಬಹುದು ಎಂಬ ವಿಚಾರವು ವಿಜ್ಞಾನ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಬಹಳವಾಗಿ ಬೇರೂರಿದೆ. ಆದರೆ ಮೇಲೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಕಾರಣಗಳಿಂದಾಗಿ ಇದು ಸರಿಯಲ್ಲ ಎಂದು ಅನುಮಾನವಿಲ್ಲದೆ ಹೇಳಬಹುದು. ಅಲ್ಲದೆ, ಮೈಕೆಲ್ಸನ್ ಪ್ರಯೋಗವು ಈಥರ್‌ನ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅಲ್ಲಗಳೆಯುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಈಥರ್‌ನ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಯೇ ಮೈಕೆಲ್ಸನ್ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು, ತಾತ್ಕಾಲಿಕವಾಗಿಯಾದರೂ, ಲೋರೆನ್ಟ್ಸ್ ವಿವರಿಸಲು ನಡೆಸಿದ್ದ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು.

ಈ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನೇ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಮೂಲಭೂತವಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಲು ಕಾರಣಗಳನ್ನು ನಾವು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು 1905ಕ್ಕಿಂತಲೂ ಮುಂಚೆ ನಡೆಸಿದ ಅಧ್ಯಯನದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ಮತ್ತು ಅವರ ಜೀವನಚರಿತ್ರೆ ಕಾರರ ಹೇಳುವಂತೆ 2905ಕ್ಕಿಂತ ಮುಂಚಿತವಾಗಿ ಅವರು ಫೋಪಲ್, ಆಸ್ಟವಾಲ್ಡ್, ಮತ್ತು ಮಾಕ್‌ರವರ ಕೃತಿಗಳ ಆಳವಾದ ಅಧ್ಯಯನದಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿದ್ದರು.

'ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಸಿದ್ಧಾಂತ' ಎಂಬ 1898ರ ಫೋಪಲ್‌ನ ಪುಸ್ತಕದ ಪ್ರಭಾವವು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ಮೇಲೆ ಬಹಳವಾಗಿತ್ತು. ಈ ಪುಸ್ತಕದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಅವರಿಗೆ ಮ್ಯಾಕ್ಸವೆಲ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ನಿರೂಪಣೆಯಲ್ಲಿನ ಅಸಮ್ಮಿತೆಯನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಫೋಪಲ್ ಆಯಸ್ಕಾಂತ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕದ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ವಿವರಿಸುತ್ತಾ, ಮ್ಯಾಕ್ಸವೆಲ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ನಿರೂಪಣೆಯು ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ವಿವರಿಸುವಲ್ಲಿ ವಿಫಲವಾಗಿದೆ ಎಂಬ ವಿಷಯದ ಕಡೆಗೆ ಗಮನ ಸೆಳೆಯುತ್ತಾನೆ. ಅಲ್ಲದೇ, ಈ ಸಮಸ್ಯೆಗೆ ವಿವರಣೆಯು ತಾತ್ವಿಕವಾದ ತಳಹದಿ ಯಿಂದಲೇ ಬರಬೇಕು ಎಂದೂ ಹೇಳುತ್ತಾನೆ. 'ಕಾಲ' ಮತ್ತು 'ಆಕಾಶ'ದ ಬಗ್ಗೆ ಇದ್ದ ಆಗಿದ ಪ್ರಕಲ್ಪನೆಗಳತ್ತ ಫೋಪಲ್ ಆಳವಾದ ಮಾರ್ಪಾಡಿನ ಅಗತ್ಯವನ್ನು ಒತ್ತಿ ಹೇಳಿದ್ದರು.

ಆಸ್ಟವಾಲ್ಡ್ ಮತ್ತು ಮಾಕ್‌ರವರು ತಾತ್ವಿಕ ಕಾರಣಗಳಿಂದಾಗಿ ಯಾಂತ್ರಿಕ ದೃಷ್ಟಿಕೋನವನ್ನು (Mechanistic interpretation) ತ್ಯಜಿಸಿದ್ದರು. ಈ ದೃಷ್ಟಿ ಕೋನವು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ಮೇಲೆ ಬಹಳವಾಗಿ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರಿತು. ಆಸ್ಟವಾಲ್ಡ್ 1893ರಲ್ಲಿ ಬರೆದ 'ಸಾಮಾನ್ಯ ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರ' ಎಂಬ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ "ಈಥರ್‌ನ ಅಗತ್ಯ ಅನಿವಾರ್ಯ ಎಂದೆಣಿಸುವುದಿಲ್ಲ" ಎಂದಿದ್ದಾನೆ. ಇದೂ ಸಹ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ವಿಚಾರಧಾರೆಯೊಡನೆ ಸಮ್ಮಿಳಿತಗೊಂಡಿತು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ಮೇಲೆ ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರಿದ ವ್ಯಕ್ತಿ ಪ್ರಾಯಶಃ

ಮಾಕ್ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಅವರು ಕಿರಿಯವಯಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ಮಾಕ್‌ನ 'ದಿಸೈನ್ಸ್ ಆಫ್ ಮೆಕಾನಿಕ್ಸ್' ಎಂಬ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಓದಿ ಮೆಚ್ಚಿಕೊಂಡು ಮಾಕ್‌ನ 'ಪಾಸಿಟಿವಿಸಂ'ಗೆ ಬಹಳವಾಗಿ ಅಂಟಿಕೊಂಡರು. ಹ್ಯೂಮ್ ಸಂಪ್ರದಾಯದ ಪಾಸಿಟಿವಿಸಂಅನ್ನು ಮಾಕ್ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಿದ. ಇಂದ್ರಿಯಾನುಭವವು (sense axperience) ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಜ್ಞಾನದ ಏಕೈಕ ಮತ್ತು ಅಂತಿಮ ತಳಹದಿ ಎಂಬುದು ಮಾಕ್‌ನ ಪಾಸಿಟಿವಿಸಂನವಾದವಾಗಿತ್ತು. ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪ್ರಕಲ್ಪನೆಗಳು ಸುಸಂಗತ ಹಾಗೂ ಅರ್ಥಪೂರ್ಣವಾಗಿರಬೇಕಾದರೆ, ಇವುಗಳು ವೀಕ್ಷಿತ ಅನುಭವ ಜನ್ಯವಲ್ಲದೇ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಅನ್ವಯಿಸುವಂತಿರಬೇಕು. ಈ ರೀತಿಯ ವೀಕ್ಷಿತ ಅನುಭವದ ಮೇಲೆ ನಿರ್ಣಯಿಸಲ್ಪಡದೆ ಇರುವ ಪ್ರಕಲ್ಪನೆಗಳು ಅರ್ಥಹೀನ ಮತ್ತು ಅವೈಜ್ಞಾನಿಕ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ಮಾಕ್‌ರ ನಿರಪೇಕ್ಷ ನಿಶ್ಚಲತೆ ಎಂಬ ಪ್ರಕಲ್ಪನೆಯು ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಹೊರತಾದ್ದರಿಂದ ಅದನ್ನು 'ಯಾಂತ್ರಿಕ ಕಟ್ಟುಕಥೆ'ಗಳು (mechanical mythologies) ಎಂದು ಕಡೆಗಣಿಸಿದ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ಮೇಲೆ ಮಾತನ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ನಾವು ಕೆಳಗಿನ ಅಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು: ಮೊದಲನೆಯದಾಗಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ಮೊದಲಿನಿಂದಲೂ ತಾತ್ವಿಕ ವಿಮರ್ಶೆಗೆ ಒಳಪಡಿಸದೆ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೂಲಭೂತ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಪರಿಹರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ ಎಂಬುದಾಗಿ ನಂಬಿದ್ದರು ; ಈ ಮಾತು ಪ್ರಮುಖವಾಗಿ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಆಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲದ ಪ್ರಕಲ್ಪನೆಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ತಾತ್ವಿಕ ವಿಮರ್ಶನಾತ್ಮಕವಾದ ಈ ವಿಧಾನದ ಮೂಲಕವೇ ಅವರು ಈಥರ್, ನಿರಪೇಕ್ಷ ನಿಶ್ಚಲತೆ ಮತ್ತು ನಿರಪೇಕ್ಷ ಕಾಲ ಎಂಬ ಪ್ರಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ತ್ಯಜಿಸಿದ್ದಾರೆ.

ಮಾಕ್‌ನ ಪ್ರಕಾರ ವಾಸ್ತವಿಕ ಪ್ರಕೃತಿಯು ಅನುಭವ ಅಂಶಗಳಿಂದಲೇ (senseelements) ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಈ ವಾದದಿಂದ ಪ್ರಭಾವಿತರಾಗಿ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ತಮ್ಮ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಘಟನೆ (events) ಗಳಿಗಷ್ಟೆ ಮೂಲಭೂತ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಕೊಟ್ಟಿರುತ್ತಾರೆ.

ಮೇಲೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ವಿಚಾರಗಳನ್ನು ನೋಡಿದಾಗ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದವು ಮೈಕೆಲ್ಸನ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದಾಗಿ ಬಂದ ಒಂದು ಸಿದ್ಧಾಂತ ವಾಗದೆ, ಬೇರೆ ಕಾರಣಗಳಿಂದ ಜನಿಸಿತು ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಜನನಕ್ಕೆ ಒಂದು ಮುಖ್ಯವಾದ ಪ್ರೇರಣೆಯು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ನಿರೂಪಣೆಯಲ್ಲಿದ್ದ ಅಸಮ್ಮಿತೆ ಮತ್ತು ಅಭಿಜಾತ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಪ್ರಕಟಣೆಗಳ ತಾತ್ವಿಕ ಅಸಮರ್ಪಕತೆ.

II

ವಿಜ್ಞಾನವು ದತ್ತಾಂಶಗಳಿಂದ ಅನುಗಮಿತವಾದ ಜ್ಞಾನ ಎಂಬ ಅಭಿಪ್ರಾಯವು

ಸಾಮಾನ್ಯ ಜನಜನಿತವಾಗಿದೆ. ಇದು ಕೇವಲ ಸಾಮಾನ್ಯ ಅಭಿಪ್ರಾಯಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಸೀಮಿತವಾಗಿಲ್ಲದೆ, ಈ ಶತಮಾನದ ಪೂರ್ವಾರ್ಧದಲ್ಲಿ ತತ್ವಶಾಸ್ತ್ರದ ಪ್ರಮುಖ ಅಂಗವಾಗಿದ್ದ ಪಾಸಿಟಿವಿಸ್ಟ ಶಾಖೆಯ ಧೋರಣೆಯೂ ಆಗಿತ್ತು. ಮಾರ್ಕ್‌ನ ಪ್ರಭಾವ ಮತ್ತು ಅವನ ಬಗ್ಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರವರಿಗಿದ್ದ ಅಭಿಮಾನದಿಂದಾಗಿ, ಅವರನ್ನು ಈ ಧೋರಣೆಯ ಪ್ರತಿಪಾದಕರೆಂದೇ ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಆದರೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಜೀವನದ ವಿಕಾಸವನ್ನು ಮತ್ತು ಅವರ ಹೇಳಿಕೆಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿದಾಗ ವಿಜ್ಞಾನವು ಅನುಗಮಿತ ಜ್ಞಾನ ಎಂಬ ಧೋರಣೆಯನ್ನು ಅಲ್ಲಗಳೆಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಮನೋಭಾವದ ಒಂದು ಪ್ರಮುಖವಾದ ಅಂಶವೆಂದರೆ, ಅವರಿಗೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ದತ್ತಾಂಶಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಇದ್ದ ಅನಾಸಕ್ತಿ. ಅವರ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಆ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಲಭ್ಯವಾಗಿದ್ದ ದತ್ತಾಂಶಗಳ ಅರಿವಿಲ್ಲದೆಯೆ ಮಂಡಿಸಲಾಗಿತ್ತು ; ಅಲ್ಲದೇ ಅವುಗಳ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಹಲವು ವರ್ಷಗಳ ನಂತರವೇ ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ವಿಷಯವು ಅವರ ಮೈಕೆಲ್ಸನ್-ಮೋರ್ಲೆ ಪ್ರಯೋಗದ ಅಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಸೀಮಿತವಾಗಿಲ್ಲ. ಇದೇ ವಿಷಯಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು 1905ರಲ್ಲಿ ಬ್ರೌನಿಯನ್ ಚಲನೆಯ (Brownian Motion) ಬಗ್ಗೆ ಬರೆದ ಲೇಖನವನ್ನು ಉದಹರಿಸಬಹುದು. ಈ ಲೇಖನವನ್ನು ಮುಕ್ತಾಯ ಗೊಳಿಸುತ್ತ ಅವರು 'ಈ ಚಲನೆಯನ್ನು ಕಾಣುವುದು ಸಾಧ್ಯ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಅಗತ್ಯ' ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತಾರೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಈ ರೀತಿಯ ಚಲನೆಯನ್ನು ಬ್ರೌನ್ 1888ರಲ್ಲೇ ಗುರುತಿಸಿದ್ದ. ಆದರೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ಲೇಖನದ ಪ್ರಕಟಣೆಯ ನಂತರವೇ ಅದರ ಬಗ್ಗೆ ಅವರ ಗಮನವನ್ನು ಸೆಳೆಯಲಾಯಿತು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ಸವರಿಗೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ದತ್ತಾಂಶಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆ ಅಜ್ಞಾನ ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೇ, ಅವುಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಅವರಿಗಿದ್ದ ಅನಾಸಕ್ತಿಯನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. 1906ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಮುಖ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ವಿಜ್ಞಾನಿಯಾದವಾಲ್ಟರ್ ಕಾಫಮನ್ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ಚಲನೆಯ ಅಧ್ಯಯನದಿಂದ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ವಾದವನ್ನು ಖಂಡಿತವಾಗಿ ಅಲ್ಲಗಳೆದುದಲ್ಲದೆ ಪ್ರಯೋಗದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಅಬ್ರಾಹಂ ಮತ್ತು ಭೂಹರರ್‌ರವರ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟ. 1907ರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ತಮ್ಮ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಕಾಫಮನ್ ಪ್ರಯೋಗದ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನು ಗಮನಿಸುವುದಲ್ಲದೇ, ಅದು ಅಬ್ರಾಹಂ ಮತ್ತು ಭೂಹರರ್‌ರವರ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಸರಿಹೊಂದುತ್ತದೆ ಎಂದೂ ಒಪ್ಪುತ್ತಾರೆ ಆದರೆ ಕೇವಲ ವಿಷಯುಗಳಿಂದಲೇ (facts) ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಬಹುದು ಅಥವಾ ಅಲ್ಲಗೆಳೆಯಬಹುದು ಎಂಬ ವಾದವನ್ನು ಅವರು ಒಪ್ಪುವುದಿಲ್ಲ. ಅಬ್ರಾಹಂ ಮತ್ತು ಭೂಹರರ್ ಅವರ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ವಿಷಯುಗಳನ್ನು ಸರಿಹೊಂದಿದರೂ ಸಹ ಅದರಲ್ಲಿರುವ ತಾತ್ಕಾಲಿಕ ಅಂಶಗಳಿಂದಾಗಿ ಅದನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ನಿರಾಕರಿಸುತ್ತಾರೆ. ಈ

ವಾದಕ್ಕೆ ಸಮರ್ಥನೆಯೋ ಎಂಬಂತೆ ಈ ಘಟನೆಯಾದ ಹತ್ತು ವರ್ಷಗಳಾದ ನಂತರ ಗೇಯಿ ಮತ್ತು ಲೆವಾಂಚೆಯವರ ಪ್ರಯೋಗವು ಕಾಫಮನ್ ಪ್ರಯೋಗದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ತಪ್ಪು ಎಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಿತು ಅಲ್ಲದೇ, ಅವರ ಪ್ರಯೋಗವು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಿತು. ಈ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಹಲವಾರು ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಬಂದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿದಾಗ ವಿಜ್ಞಾನವು ದತ್ತಾಂಶಗಳಿಂದ ಅನುಗಮಿತವಾದ ಜ್ಞಾನ ಎಂಬ ಭಾವನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಸಂದೇಹಗಳು ಬರುವುದು ಸಹಜ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ವಿಚಾರಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದಂತೆ, ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ದತ್ತಾಂಶಗಳು ಅತಿ ಪ್ರಮುಖವಲ್ಲ ಎಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡರೆ, ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಮಂಡಿಸುವಾಗಿನ ಉದ್ದೇಶಗಳು (Motivations) ಮತ್ತು ನಿರ್ಧಾರಕಗಳು (Criteria) ಯಾವುವು ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಯು ಬರುತ್ತದೆ.

ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆ, ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮುಖ್ಯ ಉದ್ದೇಶವು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ನಿರೂಪಣೆಯಲ್ಲಿನ ಅಸಮ್ಮಿತೆಯನ್ನು ತೊಡೆದುಹಾಕುವುದು. ಈ ಉದ್ದೇಶವು ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ, ಆಗಿನ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಅವರು ಬರೆದ ಮತ್ತೆರಡು ಲೇಖನಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತವೆ. ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಬಗ್ಗೆ ಬರೆದ ಮೊದಲನೆಯ ಲೇಖನವನ್ನು ಅವರು 'ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ವಾಯು ಪದಾರ್ಥದ ಬಗ್ಗೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ನಿರೂಪಣೆ ಮತ್ತು ಶೂನ್ಯ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿನ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ನಿರೂಪಣೆಗಳ ನಡುವೆ' ಇರುವ ಅಸಮ್ಮಿತೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತಾ ಪ್ರಾರಂಭಿಸುತ್ತಾರೆ. ಬ್ರೌನಿಯನ್ ಚಲನೆಯ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಅವರು ಅಭಿಜಾತ ಉಷ್ಣ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿನ ಇದೇ ರೀತಿಯ ಅಸಮ್ಮಿತೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಗಮನ ಸೆಳೆಯುತ್ತಾರೆ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ 1905ರ ಮೂರು ಲೇಖನಗಳು ತೋರಿಕೆಗೆ ಭಿನ್ನ ಭಿನ್ನವಾದ ವಿಷಯಗಳ ಬಗ್ಗೆಯಾದರೂ, ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಅವಲೋಕಿಸಿದರೆ ಈ ಮೂರರಲ್ಲೂ ಒಂದೇ ವಿಚಾರಧಾರೆ ಇರುವುದು ಗೋಚರಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಮೂರು ಲೇಖನಗಳು ಪ್ರಯೋಗದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳ ವಿವರಿಸುವಿಕೆಯಿಂದ ಉದ್ಭವವಾಗದೆ, ಸಿದ್ಧಾಂತದ ತಾತ್ವಿಕ ಮತ್ತು ತಾರ್ಕಿಕ ಸುಸಂಗತೆಯ ಕಾರಣದಿಂದ ಆವಿರ್ಭಾವಗೊಂಡವು. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಕೊಟ್ಟ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ಅಸಮ್ಮಿತೆಯನ್ನು ತೊಡೆದುಹಾಕುವುದಲ್ಲದೆ ಕೆಲವು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನೂ ಸಹ ಕೊಟ್ಟವು. ಆದುದರಿಂದಾಗಿ ಈ ಲೇಖನಗಳ ಉದ್ದೇಶವು ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ಏಕತೆ (Unity seeking principle)ಯನ್ನು ಸಾಧಿಸುವ ಗುರಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದವು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ನೋಡಿದ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲೂ ಇದೇ ಮನೋಭಾವವನ್ನೂ ಹೊಂದಿದ್ದರು. ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ನಿರಾಕರಿಸಲು ಯಾವ ಭೌತಿಕ ಕಾರಣಗಳಿಲ್ಲದಿದ್ದಗೂ, ಅದರ 'ಅಪೂರ್ಣತೆ' ಅವರಿಗೆ ಅತೃಪ್ತಿಕರವಾಗಿತ್ತು. ಇದೇ ರೀತಿ, ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಮಂಡಿಸುವಾಗಲೂ ಸಹ ಅವರು ಕೋವೇರಿಯನ್ಸ್ ತತ್ವವನ್ನು

ಕೇವಲ ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ಪರಿಪೂರ್ಣತೆಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಆಧಾರಭಾವನೆಯಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸುತ್ತಾರೆ. ಇದೇ ಮಾತನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರಿಗೆ ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ, ಮಹಾನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಾದ ಗೆಲಿಲಿಯೋ, ನ್ಯೂಟನ್, ಕೊಪರ್‌ನಿಕಸ್‌ರವರಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸಬಹುದು. ಕೊಪರ್‌ನಿಕಸ್ ಮಾತಿನಲ್ಲೆ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, "ಮನಸ್ಸಿಗೆ ಹಿತಕರ" ಎಂಬ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಸೂರ್ಯಕೇಂದ್ರಕ (helio-centric) ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಅವನು ಮುಂದಿಟ್ಟ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ವಿಚಾರಧಾರೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಸಂಗತಿಗಳಿಂದಾಗಿ, ವಿಜ್ಞಾನದ ವಿಧಾನ ಮತ್ತು ಗುರಿಯ ಬಗ್ಗೆ ನಮಗಿರುವ ಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸಬೇಕಾಗಬಹುದು. ಮೊದಲಿಗೆ ಕಟ್ಟಾ ಪಾಸಿಟಿವಿಸ್ಟವಾದಿಯಾಗಿ ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದರೂ ಸಹ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ತಮ್ಮ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಕೃತಿಗಳನ್ನು ಮಾಕ್‌ನ ಪಾಸಿಟಿವಿಸಂನ ಚೌಕಟ್ಟಿನೊಳಗೆ ವಿವರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ಬೇಗನೆ ಮನಗಂಡರು. ಆದರೂ ಲಾಜಿಕಲ್ ಪಾಸಿಟಿವಿಸ್ಟರು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರನ್ನು ತಮ್ಮ ಸಂಗಡಿಗರಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಿದ್ದರಿಂದ ಈಚಿನವರೆಗೂ ಅವರನ್ನು ಪಾಸಿಟಿವಿಸ್ಟರೆಂದೇ ಕರೆಯಲಾಗಿತ್ತು ಎಂಬುದು ನಿಜಕ್ಕೂ ಸೋಜಿಗ. ಪ್ರಾಯಶಃ ಇದನ್ನು ಚಾರಿತ್ರಿಕ ವ್ಯಂಗ್ಯ (historical irony) ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ಮುಂದಿನ ತಾತ್ವಿಕ ವಿಚಾರಧಾರೆಯು ಅವರ ಲೇಖನ ಮತ್ತು ಪುಸ್ತಕಗಳಿಂದ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ಆಲೋಚನೆಗಳನ್ನು, ತಾರ್ಕಿಕ (logical) ಹಾಗೂ ಜ್ಞಾನಮೀಮಾಂಸಿಕ (epistemological) ಎಂಬ ಎರಡು ವಿಚಾರಧಾರೆಗಳಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು. 1914 ರಲ್ಲೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ವಿಜ್ಞಾನವು ಅನುಗಮಿತ ಜ್ಞಾನ ಎಂಬ ಭಾವನೆಯ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ ಖಚಿತವಾದ ಅಭಿಪ್ರಾಯವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರು. ಅವರ ಅಭಿಪ್ರಾಯದಂತೆ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ವೀಕ್ಷಿತ ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದರೂ ಸಹ, ಕೇವಲ ದತ್ತಾಂಶಗಳಿಂದಲೇ ಯಾವುದೇ ತಾರ್ಕಿತ ವಿಧಾನದಿಂದಲೂ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಯಾವುದೆ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಕೇವಲ ದತ್ತಾಂಶಗಳಿಂದಲೇ ಅನುಗಮಿತಗೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ಪ್ರಕೃತಿಯ ಬಗೆಗಿನ ಊಹೆಗಳು (conjectures) ಅಥವಾ ಮನಸ್ಸಿನ ಸ್ವತಂತ್ರ ಕಲ್ಪನೆಗಳು (free creations of the mind). ಆದರೆ ಈ ರೀತಿಯ ಆಧಾರಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ನಿಗಮನದ ಸರಪಳಿಯಿಂದ ಅನುಭವ ಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಜೋಡಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ ಅಂಗೀಕರಿಸುವಿಕೆಯು ಇದರ ಅನುಮಿತಿಗಳ (deductive consequences) ಮತ್ತು ಅನುಭವದ ಹೊಂದಾಣಿಕೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರಿಂದ ಪ್ರಭಾವಿತರಾಗಿ, ವಿಜ್ಞಾನವು ಅನುಗಮಿತ ಜ್ಞಾನವಲ್ಲ ಎಂಬ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಕಾರ್ಲ ಪಾಪರ್ ಒಂದು ಪರಿಪೂರ್ಣ ವಿಜ್ಞಾನ ದರ್ಶನ ಶಾಸ್ತ್ರವನ್ನು (Philosophy of Science) ಮಂಡಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಈ ಜ್ಞಾನ

ಮೀಮಾಂಸೆಯ ಪ್ರಕಾರ, ವಿಜ್ಞಾನದ ಆಧಾರಭಾವನೆಗಳು ಕೇವಲ ಊಹೆಗಳಾದರೂ ಅವುಗಳ ಅನುಮಿತಿಗಳು ಅನುಭವ ಜ್ಞಾನದೊಂದಿಗೆ ಹೊಂದಿಕೊಂಡಿರಬೇಕು.

ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ಎರಡು ಮಾನದಂಡಗಳು ಇವೆ ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಮೊದಲನೆಯ ಮಾನದಂಡವು ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಹಾಗೂ ಅನುಭವಿತ ದತ್ತಾಂಶದೊಂದಿಗಿನ ಹೊಂದಾಣಿಕೆ. ಇದನ್ನೇ ಅವರು ಸಿದ್ಧಾಂತದ 'ಬಾಹ್ಯಧೃಡೀಕರಣ' (external confirmation) ಎಂದು ಕರೆದಿದ್ದಾರೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಎರಡನೆಯದಾಗಿ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಆಧಾರಭಾವನೆಗಳ 'ಸಹಜತೆ' (naturalness ಮತ್ತು 'ತಾರ್ಕಿಕ ಸರಳತೆ' (logical simplicity) ಗಳಿಗೆ ಅವರು ಅಷ್ಟೇ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆ ನೀಡುತ್ತಾರೆ. "ಕನಿಷ್ಟ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಆಧಾರ ಭಾವನೆಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಎಲ್ಲಾ ಅನುಭವಿತ ದತ್ತಾಂಶಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸುವುದೇ ವಿಜ್ಞಾನದ ಮಹತ್ವಾಕಾಂಕ್ಷೆ" ಎಂದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ಹೇಳಿದ್ದಾರೆ. ಇದೇ ಸಿದ್ಧಾಂತದ 'ಆಂತರಿಕ ಪರಿಪೂರ್ಣತೆ' (internal perfection). ಇದನ್ನೆ ನಾವು ಇದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ಏಕತೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸುವ ಗುರಿ ಎಂದು ಕರೆದಿದ್ದೇವೆ.

ತಾರ್ಕೀಕ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ವಿಜ್ಞಾನವು ಅನುಗಮಿತ ಜ್ಞಾನವೆಂಬ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಖಚಿತವಾಗಿ ತ್ಯಜಿಸಿದ್ದರೂ, ಜ್ಞಾನಮೀಮಾಂಸೆಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ನೋಡಿದಾಗ ಅವರ ವಿಚಾರಗಳು ಪರಸ್ಪರ ವಿರುದ್ಧ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಅವರು ಮೊದಲಿಗೆ ಹ್ಯೂಮ್ ಮತ್ತು ಮಾಕ್‌ರಿಂದ ಪ್ರಭಾವಿತರಾಗಿ ಪಾಸಿಟಿವಿಸಂ ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡಿದ್ದರಿಂದ, ಇದರ ವಿಚಾರಧಾರೆಯು ಅವರ ಕೃತಿಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಮುಂದೆ ಪಾಸಿಟಿವಿಸಂ ಅನ್ನು ತ್ಯಜಿಸಿ ಅದಕ್ಕೆ ತದ್ವಿರುದ್ಧವಾದ ವಿಚಾರವಾದ (rationalism) ಮನೋಭಾವಕ್ಕೆ ಸಹಾನುಭೂತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೂ ಇವರಲ್ಲಿ ಪಾಸಿಟಿವಿಸಂನ ಕೆಲವು ಅಂಶಗಳು ಇನ್ನೂ ತೋರಿಬರುತ್ತಿದ್ದವು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ಕಡೆಯ ಕೃತಿಗಳನ್ನು ಅವಲೋಕಿಸಿದಾಗ ಪಾಸಿಟಿವಿಸಂ ಕನ್ವೆನ್‌ಶನಲಿಸಂ, ವಾಸ್ತವವಾದ (realism), ವಿಚಾರವಾದ ಎಂಬ ವಿವಿಧ ಹಾಗೂ ಪರಸ್ಪರ ವಿರುದ್ಧವಾದ ತಾತ್ವಿಕ ವಿಚಾರಧಾರೆಗಳನ್ನೂ ಹೊಂದಿದ್ದು ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ಮೊದಲಿಗೆ ಪಾಸಿಟಿವಿಸಂಗೆ ಬದ್ಧರಾಗಿಯೇ ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿದರು. ಯಾವುದು ವೀಕ್ಷಿತವಲ್ಲವೊ ಅದು ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿಲ್ಲ ಎಂಬ ಪಾಸಿಟಿವಿಸಂನ ವಾದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಈಥರ್‌ನ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ನಿರಾಕರಿಸಿದರು. ಆದರೆ ಮುಂದಕ್ಕೆ "ವಿಜ್ಞಾನದ ಗುರಿಯು ಪ್ರಕೃತಿಯ ಒಳಗುಟ್ಟನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದೇ ಆಗಿದೆ ಮತ್ತು ಅದರ ಪ್ರಕಲ್ಪನೆಗಳು ವಾಸ್ತವ"; ಎಂಬ ವಾಸ್ತವವಾದದ ವಿಚಾರಧಾರೆಗೆ ಅವರು ಅಂಟಿಕೊಂಡರು. ಈ ಚಾರಿತ್ರಿಕ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ವಾಸ್ತವತೆಯು ಓರೆಗಲ್ಲಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿತು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ಮೇಲೆ ಪಾಸಿಟಿವಿಸಂನ ವಿಚಾರಗಳ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಬೀರಲು ಕಾರಣಕರ್ತರಾದ ಮಾಕ್ ಹಾಗೂ ಆಸ್ಟವಾಲ್ಡ್ ಪರಮಾಣುವು

ಅಪರೀಕ್ಷಿತವಾದದ್ದರಿಂದ ಅದು ಅವಾಸ್ತವ ಎಂದು ನಂಬಿದ್ದರು. ವಿಶೇಷವೇನೆಂದರೆ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ಬ್ರೌನಿಯನ್ ಚಲನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಕೊಟ್ಟ ವಿವರಣೆಯಿಂದಾಗಿ, ಆಸ್ಟವಾಲ್ಡ್ ಪರಮಾಣುವಿನ ಅವಾಸ್ತವತೆಯ ಬಗ್ಗೆ ತನ್ನ ಮನ ಬದಲಾಯಿಸಿದ, ಆದರೆ ಮಾಕ್ ಅದನ್ನು ಕಡೆಯವರೆಗೂ ಒಪ್ಪಲೇ ಇಲ್ಲ.

ಇಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಇತರ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ವಾಸ್ತವ ವಾದವನ್ನು ಅನುಮೋದಿಸಿದರೂ, ತಮ್ಮ 'ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ವಿಧಾನ' (On the Method of Theoretical Physics 1933) ಮತ್ತು 'ಆತ್ಮಚರಿತ್ರೆಯ ಟಿಪ್ಪಣಿಗಳು' (Autobiographical Notes 1949) ಎಂಬೆರೆಡು ಕೃತಿಗಳಲ್ಲಿ "ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೂಲಭೂತ ಭಾವನೆಗಳು ಕೇವಲ ಕಾಲ್ಪನಿಕ" ಎಂದು ಬರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಮುಂದೆ, ಹ್ಯೂಮನ್ ವಾದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಎಲ್ಲ ಪ್ರಕಲ್ಪನೆಗಳು, ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಹತ್ತಿರವಾದವನ್ನು ಕೂಡಿದಂತೆ, ಮನಸ್ಸಿನ ಸ್ವಚ್ಛಂದ ಕಲ್ಪನೆಗಳು ಎನ್ನುತ್ತಾ ವಿಜ್ಞಾನದ ಬಗ್ಗೆ ಕನ್ವೆನ್‌ಶನಲಿಸ್ಟ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಎತ್ತಿ ಹಿಡಿಯುತ್ತಾರೆ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ವಿಚಾರಸರಣಿಯ ಅನಿರ್ದಿಷ್ಟತೆಯು ಕೇವಲ ಪಾಸಿಟಿವಿಸಂ, ಕನ್ವೆನ್‌ಶನಲಿಸಂ, ವಾಸ್ತವವಾದಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಸೀಮಿತವಾಗದೆ ಇವೆಲ್ಲ ವಿಚಾರಗಳಿಗೂ ತದ್ವಿರುದ್ಧವಾದ ವಿಚಾರವಾದವನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡಿತು. ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಏಕತೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸುವ ಗುರಿಯು ಪ್ರಾಯಶಃ ಕಾರಣವಾಗಿರಬಹುದು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ವಿಜ್ಞಾನದ ಪಾಸಿಟಿವಿಸ್ಟ–ಕನ್ವೆನ್‌ಶನಲಿಸ್ಟ ವಾದವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿ ಅದೇ ಉಸಿರಿನಲ್ಲೇ "ಪ್ರಾಚೀನರು ಕನಸು ಕಂಡಂತೆ ಶುದ್ಧ ವಿಚಾರದಿಂದಲೇ ಪ್ರಕೃತಿಯನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಬಹುದು ಎಂದು ನಾನು ನಂಬುತ್ತೇನೆ" ಎಂದೂ ಸಹ ಹೇಳಿದ್ದಾರೆ. ಮೇಲೆ ಸೂಚಿಸಿರುವ ಅಸಂಗತ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಉದ್ದೇಶವು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ತಾತ್ವಿಕ ಹಿರಿಮೆಯನ್ನು ಅಲ್ಲಗಳೆಯಲು ಅಲ್ಲ. ಈ ರೀತಿಯ ಅಸಂಗತೆಗೆ ಕಾರಣ ಅವರು ತಮ್ಮ ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ತತ್ವಶಾಸ್ತ್ರದ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವಿಂಗಡನೆಗಳೊಡನೆ ಹೊಂದಾಣಿಕೆ ತರಲು ನಡೆಸಿದ ಪ್ರಯತ್ನ. ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸುವಲ್ಲಿ ತತ್ವಶಾಸ್ತ್ರದ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವಿಂಗಡನೆಗಳಲ್ಲಿರುವ ಕೊರತೆಯು ಇಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಜ್ಞಾನ ಮೀಮಾಂಸೆಯಲ್ಲಿನ ಪರಸ್ಪರ ವಿರುದ್ಧವಾದ ವಿಚಾರಧಾರೆಗಳಾದ ಪಾಸಿಟಿವಿಸಂ ಹಾಗೂ ವಿಚಾರವಾದಗಳನ್ನು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಸಮನ್ವಯಗೊಳಿಸಿರುವುದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ ಯಶಸ್ಸಿಗೆ ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ.

ಈ ರೀತಿಯ ಅಸಂಗತೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರಿಗೆ ಅರಿವಿರಲಿಲ್ಲ ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ "ನಾವಿಲ್ಲಿ ಮಾತನಾಡುತ್ತಿರುವುದು ನಮ್ಮ ಜ್ಞಾನದ ಎರಡು ಅಂಶಗಳಾದ ಅನುಭವ ಮತ್ತು ವಿಚಾರಗಳ ನಡುವಿನ ಶಾಶ್ವತ ದ್ವಂದ್ವದ ಬಗ್ಗೆ" ಎಂದು ಅವರೇ ಒಪ್ಪಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ. ಈ ದ್ವಂದ್ವವನ್ನು ತಾತ್ವಿಕಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ನಿವಾರಿಸಲು

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು ವಿಫಲರಾದರೂ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಗಣನೀಯ ಯಶಸ್ಸನ್ನು ಸಾಧಿಸಿ ಪ್ಲೇಟೋನ ಕಾಲದಿಂದಲೂ ದಾರ್ಶನಿಕರನ್ನು ಚಕಿತಗೊಳಿಸಿದ್ದ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಪರಿಹರಿಸಲು ಒಂದು ಸಾಧನವನ್ನು ಕೊಟ್ಟಿರುತ್ತಾರೆ. ಇದನ್ನೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರವರು "ಪ್ರಕೃತಿಯ ಸಂವೇದ್ಯತೆಯೇ ನಮಗೆ ಅಸಂವೇದ್ಯವಾಗಿದೆ". ಎಂದು ಹೇಳಿದುದು.*

*ಈ ಲೇಖನವನ್ನು ನನ್ನೊಡನೆ ಆಳವಾಗಿ ಚರ್ಚಿಸಿದ್ದಕ್ಕೆ ಮತ್ತು ಅನುವಾದಿಸಿದ್ದಕ್ಕೆ ನಾನು ಶ್ರೀ ಎಂ. ವಿ. ಎನ್. ಮೂರ್ತಿಯವರಿಗೆ ಕೃತಜ್ಞ. ಹಲವಾರು ಸಲಹೆಗಳನ್ನು ನೀಡಿದ್ದಕ್ಕಾಗಿ ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಕೆ. ಶ್ರೀನಿವಾಸನ್ ಮತ್ತು ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಜಿ. ಶ್ರೀನಿವಾಸನ್‌ರವರಿಗೂ ಸಹ ಕೃತಜ್ಞನಾಗಿದ್ದೇನೆ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವಾಣಿ

ಇಂಗ್ಲೆಂಡಿನ ಒಂದು ಗ್ರಾಮರ್ ಶಾಲೆಯ "ಸಿಕ್ಸ್ತ್ ಫಾರ್ಮ್ ಸೊಸೈಟಿ"ಯ ಪ್ರತಿನಿಧಿಗಳು 1952 ಫೆಬ್ರುವರಿ 25ರಂದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರಿಗೊಂದು ಕಾಗದ ಬರೆದು ಇವರನ್ನು ತಮ್ಮ ಸಂಘದ ಅಧ್ಯಕ್ಷ ಪದವಿಗೆ ಸರ್ವಾನುಮತದಿಂದ ಚುನಾಯಿಸಲಾಗಿದೆ ಯೆಂದು ಸಂಭ್ರಮೋತ್ಸಾಹದಿಂದ ಅರುಹಿದರು. ಈ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ನಿಗದಿಯಾಗಿದ್ದ ಕರ್ತವ್ಯವೇನೂ ಇದ್ದಿರಲಿಲ್ಲವೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ, ಚಾಲ್ತಿ ಉಪನಿಬಂಧನೆ ಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಸಂಘಕ್ಕೆ ಒಬ್ಬ ಅಧ್ಯಕ್ಷನನ್ನು ಹೊಂದಿರಲು ಹೇಗೂ ಅವಕಾಶವಿರಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಈ ಸದ್ಭಾವನೆಯನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್, ಅವರಿಗೆ ಇವರ ಕೃತಿಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಇರುವ ಅಭಿಮಾನದ ಕುರುಹೆಂಬುದಾಗಿ ಮೆಚ್ಚಬಹುದೆಂದು ಆ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಆಶಿಸಿದ್ದರು.

1952 ಮಾರ್ಚ್ 17ರಂದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್, ಇಂಗ್ಲಿಷಿನಲ್ಲಿ, ಈ ಮುಂದಿನಂತೆ ಬರೆದರು :

> ನಿಮ್ಮ ಸೊಸೈಟಿಯ ಅಧ್ಯಕ್ಷ ಪದವಿಗೆ ಮಾಡಲಾದ ಈ ನಾಮಕರಣವನ್ನು ಹಳೆಯ ಒಬ್ಬ ಶಾಲಾಧ್ಯಾಪಕನಾಗಿ ಅಧಿಕ ಸಂತೋಷ ಸಂಭ್ರಮಗಳಿಂದ ಸ್ವಾಗತಿಸಿದ್ದೇನೆ. ನಾನೊಬ್ಬ ಅಲೆಮಾರಿ ಮುದುಕ. ಆದರೆ ಗೌರವಾನ್ವಿತತೆಯತ್ತ ಮಾಲಬಲ್ಲ ಪ್ರವೃತ್ತಿ ವೃದ್ಧಾಪ್ಯದೊಳಗೆ ಹುದುಗಿದೆ—ನನ್ನನ್ನು ಕುರಿತಂತೆಯೂ!—ಎಂಬುದು ಸರಿಯಷ್ಟೆ. ಆದರೆ ನಿಮಗೊಂದು ಸಂಗತಿ ತಿಳಿಸಬೇಕು: ನನ್ನ ಒಪ್ಪಿಗೆ ಪಡೆಯದೆ ಈ ನಾಮಕರಣ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ ಎಂಬ ಸಂಗತಿ ನನ್ನನ್ನು ಕೊಂಚ (ಆದರೆ ಹೆಚ್ಚೇನೂ ಅಲ್ಲ) ಕಕ್ಕಾಬಿಕ್ಕಿ ಮಾಡಿದೆ.

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಈ ಕಾಗದಕ್ಕೆ ಚೌಕಟ್ಟುಹಾಕಿ "ಸಿಕ್ಸ್ತ್ ಫಾರ್ಮ್ ಸೊಸೈಟಿ" ಸಭೆಸೇರುತ್ತಿದ್ದ ಶಾಲಾಗ್ರಂಥಭಂಡಾರದಲ್ಲಿ ಇಡಲಾಯಿತು. ಪ್ರಾಯಶಃ ಅದು ಇಂದೂ ಅಲ್ಲಿಯೇ ಇರಬಹುದು.

ಅನು : ಜಿ. ಟಿ. ಎನ್.

ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್

ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅಡಿಪಾಯ

A ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯ ಅಭಿಗೃಹೀತದ ಬಗೆಗೆ ಮೂಲಭೂತ ಚಿಂತನೆಗಳು

§ 1 ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಕುರಿತು ಟಿಪ್ಪಣಿಗಳು

ಗೆಲಿಲಿಯೊ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟನ್ ಅವರ ಬಲವಿಜ್ಞಾನದಂತೆಯೇ ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಕೂಡ ಈ ಮುಂದಿನ ಅಭಿಗೃಹೀತವನ್ನು ಆಧರಿಸಿದೆ.

K ಎಂಬ ಯಾವುದೇ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಭೌತನಿಯಮಗಳು ತಮ್ಮ ಸರಳತಮ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಸಾಧುವಾಗುವ ಹಾಗೆ Kಯನ್ನು ಆಯ್ದುದಾದರೆ **ಅವೇ** ನಿಯಮಗಳು Kಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಏಕರೀತಿ ಸರಳಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಬೇರೆ ಯಾವುದೇ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆ K'ಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಕೂಡ ಸಾಧುವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಅಭಿಗೃಹೀತವನ್ನು "ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯ ವಿಶೇಷ ತತ್ತ್ವ" ಎನ್ನುತ್ತೇವೆ. Kಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ K' ಏಕರೀತಿ ಸರಳ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಈ ತತ್ತ್ವ ಸೀಮಿತವಾಗಿದೆ; ಆದರೆ, K' ಮತ್ತು Kಗಳ ಈ ಸಮಾನತೆ Kಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ K'ನ ಏಕರೀತಿಯದಲ್ಲದ ಚಲನೆಗೆ ವಿಸ್ತೃತವಾಗದೆಂಬುದನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸಬೇಕೆಂಬುದೇ "ವಿಶೇಷ" ಪದದ ಉದ್ದೇಶ.

ಹೀಗೆ, ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಅಭಿಜಾತ ಬಲವಿಜ್ಞಾನದಿಂದ ಬೇರ್ಪಡುವುದು ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯ ಅಭಿಗೃಹೀತದ ಮೂಲಕ ಅಲ್ಲ, ಬದಲಾಗಿ, ನಿರ್ವಾತದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದ ನಿಯತತೆಯ ಅಭಿಗೃಹೀತದ ಮೂಲಕ. ಇದನ್ನು ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯ ವಿಶೇಷ ತತ್ತ್ವದೊಡನೆ ತಳಕುಹಾಕಿದಾಗ ಏಕಕಾಲಿಕತೆಯ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆ, ಲೊರೆಂಟ್ಝ್ ಪರಿವರ್ತನೆ, ಮತ್ತು ಚಲಿಸುವ ವಸ್ತುಗಳ ಹಾಗೂ ಗಡಿಯಾರಗಳ ವರ್ತನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ನಿಯಮಗಳು ಸುಪರಿಚಿತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅನುಗತಿಸುತ್ತವೆ.

ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಆಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲದ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ನಿಜಕ್ಕೂ ದೀರ್ಘಕಾಲಿಕ ಪರಿಣಾಮವಿರುವಂತೆ ರೂಪಾಂತರಿಸಿದೆ. ಆದರೆ ಒಂದು ಮುಖ್ಯಾಂಶ ಮಾತ್ರ ಪ್ರಭಾವಿತವಾಗದೆ ಉಳಿದಿದೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ

ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ಕೂಡ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ನಿಯಮಗಳನ್ನು, ನೇರವಾಗಿ, ವಿಶ್ರಾಂತ ಘನ ವಸ್ತುಗಳ ಸಾಧ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸ್ಥಾನಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ನಿಯಮಗಳೆಂಬುದಾಗಿ ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ; ಮತ್ತು, ಇನ್ನಷ್ಟು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ, ಶುದ್ಧಗತಿ ವಿಜ್ಞಾನದ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಮಾಪನ ವಸ್ತುಗಳ ಹಾಗೂ ಗಡಿಯಾರಗಳ ಸಂಬಂಧ ಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸುವ ನಿಯಮಗಳೆಂಬುದಾಗಿ ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಸ್ತಬ್ಧ ದೃಢ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಆಯ್ದ ಎರಡು ದ್ರವ್ಯ ಬಿಂದುಗಳಿಗೆ ಸಂವಾದಿಯಾಗಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉದ್ದವಿರುವ ಒಂದು ದೂರ ಸದಾ ಇದ್ದೇ ಇದೆ, ವಸ್ತುವಿನ ನೆಲೆ ಮತ್ತು ದಿಕ್ಸ್ಥಿತಿ ಯನ್ನು ಈ ಉದ್ದ ಅವಲಂಬಿಸಿಲ್ಲ, ಇದು ಕಾಲಾವಲಂಬಿಯೂ ಅಲ್ಲ. ಪುರಸ್ಕೃತ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ವಿಶ್ರಾಂತವಾಗಿರುವ ಗಡಿಯಾರದ ಮುಳ್ಳುಗಳ ಆಯ್ದ ಎರಡು ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ ಸ್ಥಳ ಮತ್ತು ಕಾಲ ನಿರವಲಂಬಿಯಾದ ಮತ್ತು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಇರುವ ಸಂವಾದಿ ಕಾಲಾವಧಿಯೊಂದು ಸದಾ ಇರುವುದು. ಆಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲದ ಬಗೆಗಿನ ಸರಳವಾದ ಈ ಭೌತವ್ಯಾಖ್ಯಾನಕ್ಕೆ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಬಂಧಿತವಾಗದೆಂಬುದನ್ನು ಬೇಗನೆ ತಿಳಿಯುವವರಿದ್ದೇವೆ.

§ 2 ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯ ಅಭಿಗೃಹೀತವನ್ನು ವಿಸ್ತರಿಸುವುದರ ಅಗತ್ಯ

ಅಭಿಜಾತ ಬಲವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಇದರಂತೆ ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತ ದಲ್ಲಿ ಕೂಡ ಜ್ಞಾನಮೀಮಾಂಸೀಯ ದೋಷವೊಂದು ಅಂತರ್ಗತವಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ಪ್ರಾಯಶಃ ಮೊದಲ ಬಾರಿಗೆ ಎತ್ತಿ ತೋರಿಸಿದವರು ಅರ್ನೆಸ್ಟ್ ಮ್ಯಾಕ್. ಇದೇನೆಂಬು ದನ್ನು ಈ ಮುಂದಿನ ಉದಾಹರಣೆಯಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸುತ್ತೇವೆ: ಒಂದೇ ಗಾತ್ರದ ಮತ್ತು ಸ್ವರೂಪದ ಎರಡು ತರಲ ಕಾಯಗಳು ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಮುಕ್ತವಾಗಿ ತೇಲುತ್ತಿವೆ; ಇವುಗಳ ನಡುವಿನ ಅಂತರ, ಅಂತೆಯೇ ಇತರ ಎಲ್ಲ ರಾಶಿಗಳಿಗೂ ಇವುಗಳಿಗೂ ನಡುವಿನ ಅಂತರ, ಅತಿ ಅಗಾಧವಾಗಿದೆ; ಹೀಗಾಗಿ ಕಾಯವೊಂದರ ವಿಭಿನ್ನ ಭಾಗಗಳ ಅಂತರಕ್ರಿಯೆ ಗಳಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಗುರುತ್ವಬಲಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಪರಿಗಣಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡು ಕಾಯಗಳ ನಡುವಿನ ಅಂತರ ಅಚರವಾಗಿರಲಿ; ಅಲ್ಲದೆ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಾಯ ದಲ್ಲಿಯೂ ಅದರ ಭಾಗಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ ಇನ್ನೊಂದಕ್ಕೆ ಯಾವುದೇ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆ ಇಲ್ಲದಿರಲಿ. ಆದರೆ ಇವೆರಡರ ಪೈಕಿ ಯಾವುದೇ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷ ವಾಗಿ ವಿಶ್ರಾಂತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಒಬ್ಬ ವೀಕ್ಷಕ ತೀರ್ಮಾನಿಸುವ ಪ್ರಕಾರ ಇನ್ನೊಂದು ದ್ರವ್ಯ ರಾಶಿ, ಈ ರಾಶಿಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸುವ ರೇಖೆಯ ಸುತ್ತ ನಿಯತ ಕೋನವೇಗದಿಂದ ಆವರ್ತಿಸುತ್ತಿರಲಿ. ಎರಡು ಕಾಯಗಳ ಇಂಥ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯನ್ನು [ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ] ಪರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಈಗ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಾಯವನ್ನೂ ಅದಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷ ವಾಗಿ ವಿಶ್ರಾಂತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಮಾಪನೋಪಕರಣಗಳ ನೆರವಿನಿಂದ ಸರ್ವೇಕ್ಷಿಸಲಾಗಿದೆ ಯೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. [ಇದರಿಂದ] ಕಾಯ S_1ರ ಮೇಲ್ಮೈ ಗೋಳವೆಂದೂ ಕಾಯ S_2ರ

ಮೇಲ್ಮೈ ಪರಿಭ್ರಮಣೆಯು ದೀರ್ಘವೃತ್ತಕಲ್ಪವೆಂದೂ ತಿಳಿದುಬರಲಿ. ಈಗ ಈ ಮುಂದಿನ ಪ್ರಶ್ನೆ ಹಾಕುತ್ತೇವೆ: ಎರಡು ಕಾಯಗಳಲ್ಲಿಯ ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನು? ಇದೊಂದು **ಅನುಭವಗೋಚರವಾದ ವಾಸ್ತವಾಂಶ** ಎಂದು ಹೇಳುವುದರ ವಿನಾ ಜ್ಞಾನಮೀಮಾಂಸೀಯವಾಗಿ ತೃಪ್ತಿಕರವಾಗಿರುವ* ಬೇರೆ ಯಾವ ಉತ್ತರವನ್ನೂ ಕೊಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದು. **ಅನುಭವಗೋಚರ ವಾಸ್ತವಾಂಶಗಳು** ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಕಾರಣಗಳು ಮತ್ತು [ಅವುಗಳ] ಪರಿಣಾಮಗಳಾಗಿ ಗೋಚರಿಸಿದ ಹೊರತು ಕಾರಣತಾನಿಯಮಕ್ಕೆ ಅನುಭವಪ್ರಪಂಚವನ್ನು ಕುರಿತ ಒಂದು ನಿರೂಪಣೆ ಎಂಬ ಸಾರ್ಥಕ್ಯ ಲಭಿಸದು.

ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ನ್ಯೂಟನ್‌ಬಲವಿಜ್ಞಾನ ಸಮಾಧಾನಕರ ಉತ್ತರ ಕೊಡುವುದಿಲ್ಲ. ಅದು ಹೇಳುವುದು ಹೀಗೆ : ಕಾಯ S_1 ಆಕಾಶ R_1ಕ್ಕೂ ಕಾಯ S_2 ಆಕಾಶ R_2ಕ್ಕೂ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ವಿಶ್ರಾಂತಿಯಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಬಲವಿಜ್ಞಾನದ ನಿಯಮಗಳು ಆಕಾಶ R_2ಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತವೆಯೇ ಹೊರತು ಆಕಾಶ R_2ಕ್ಕೆ ಅಲ್ಲ. ಆದರೆ ಹೀಗೆ ನಿಯೋಜಿಸಿದ ಈ ಪುರಸ್ಕೃತ ಗೆಲಿಲಿಯೊ ಆಕಾಶ R_1 ಕೇವಲ ಕಲ್ಪಿತ ಕಾರಣ ಮಾತ್ರ. ಇದನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದು. ಹೀಗೆ ನ್ಯೂಟನ್ ಬಲವಿಜ್ಞಾನ S_1 ಮತ್ತು S_2 ಕಾಯಗಳಲ್ಲಿಯ ವೀಕ್ಷಣಶೀಲ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಕಲ್ಪಿತ ಕಾರಣ R_1ನ್ನು ಹೊಣೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಸನ್ನಿವೇಶವನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ ಕಾರಣತೆಯ ಆವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ತೃಪ್ತಿಪಡಿಸಲಾರದೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ, ಬದಲು, ತೃಪ್ತಿಪಡಿಸಿದಂತೆ ಭಾಸವಾಗುವುದು, ಅಷ್ಟೆ.

S_1 ಮತ್ತು S_2ರ ವಿಭಿನ್ನ ವರ್ತನೆಗೆ ನಾವು ಊಹಿಸಿ ಉಲ್ಲೇಖಿಸಬಹುದಾದಂಥ ಯಾವುದೇ ಕಾರಣವನ್ನು S_1 ಮತ್ತು S_2ನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಭೌತವ್ಯವಸ್ಥೆ ಸ್ವತಃ ತನ್ನೊಳಗೆ ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸುವುದಿಲ್ಲವೆಂಬುದೊಂದೇ [ಮೇಲಿನ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ] ಸರಿಯಾದ ಉತ್ತರವಾಗಿರಬೇಕು. ಎಂದೇ ಆ ಕಾರಣ, ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ **ಹೊರಗಡೆಯೇ** ಇರಬೇಕು. S_1 ಮತ್ತು S_2ರ ಬಲವೈಜ್ಞಾನಿಕ ವರ್ತನೆ, ನಾವು ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸದಿರುವ ದೂರದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳಿಂದ ಭಾಗಶಃ ಆದರೆ ಗಣನೀಯವಾಗಿ ನಿರ್ಬಂಧಿತವಾಗಿರುವಂತೆ, ಚಲನೆಯ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ನಿಯಮಗಳು, ವಿಶೇಷತಃ S_1 ಮತ್ತು S_2ರ ಆಕಾರಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವಂತೆ, ಇದ್ದೇ ತೀರಬೇಕೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದಮೇಲೆ ಈ ಎರಡು ಕಾಯಗಳಾದ S_1 ಮತ್ತು S_2ರ ವಿಭಿನ್ನ ವರ್ತನೆಯ ಕಾರಣಗಳ ಮೂಲ (ಇವು ವೀಕ್ಷಣೆಗೆ ಗೋಚರವಾಗುವಂತಿರಬೇಕು) ದೂರದ ಈ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳು,

* ಇತರ ಅನುಭವಗಳೊಡನೆ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳದ ಒಂದು ಉತ್ತರ ಜ್ಞಾನಮೀಮಾಂಸೆಯ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಿಂದ ತೃಪ್ತಿಕರವಾಗಿದ್ದರೂ ಭೌತವಾಗಿ ಅಸಂಗತವಾಗಿರುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯಂತೂ ಇದ್ದೇ ಇದೆ.

ಮತ್ತು S_1 ಹಾಗೂ S_2ಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಇವುಗಳ ಚಲನೆಗಳು ಎಂಬುದಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಬೇಕು. [ಹಿಂದೆ ಹೇಳಿದ] ಕಲ್ಪಿತ ಕಾರಣ R_1ರ ಪಾತ್ರವನ್ನು ಇವು ವಹಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಯಾವುದೇ ತೆರನಾದ ಪರಸ್ಪರ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ R_1 , R_2 ಮುಂತಾದ ನಾವು ಊಹಿಸಬಲ್ಲಂಥ ಎಲ್ಲ ಆಕಾಶಗಳಲ್ಲಿ ಮೇಲಿನ ಜ್ಞಾನ ಮೀಮಾಂಸೀಯ ಅಭ್ಯಂತರವನ್ನು ನಿವಾರಿಸಬಲ್ಲ, ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿಯೇ ಪುರಸ್ಕೃತವಾದ, ಆಕಾಶ ಯಾವುದೂ ಇಲ್ಲ. **ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ನಿಯಮಗಳ ಸ್ವರೂಪ ಯಾವುದೇ ಬಗೆಯ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ತೆರದಲ್ಲಿರಬೇಕು.** ಈ ದಾರಿಯಲ್ಲಿ ಹೋಗುತ್ತ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯ ಒಂದು ವಿಸ್ತರಣೆಯನ್ನು ತಲಪುತ್ತೇವೆ.

ಜ್ಞಾನಮೀಮಾಂಸೆಯಿಂದ ಒದಗುವ ಈ ಘನ ವಾದದ ಜೊತೆಗೆ ಸುಪರಿಚಿತ ಭೌತ ವಾಸ್ತವಾಂಶವೊಂದು ಕೂಡ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ವಿಸ್ತರಣೆಯನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸುತ್ತದೆ. K ಒಂದು ಗೆಲಿಲಿಯೊ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಆಗಿರಲಿ. ಅಂದರೆ, ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ (ಕನಿಷ್ಠ ಪಕ್ಷ ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮಗಳ ವಲಯದಲ್ಲಾದರೂ) ಇತರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳಿಂದ ಸಾಕಷ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಸರಳರೇಖೆಯ ನೇರ ಏಕರೀತಿ ಚಲನೆಯಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತದೆಂದು ಇದರ ಅರ್ಥ. K' ಎಂಬುದು Kಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ **ಏಕರೀತಿ** ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಎರಡನೆಯ ಒಂದು ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಆಗಿರಲಿ. ಆಗ ಇತರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳಿಂದ ಸಾಕಷ್ಟು ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ, K'ಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ, ಒಂದು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಈ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಮತ್ತು ಅದರ ದಿಶೆ ಆ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ದ್ರವ್ಯಸಂಯೋಜನೆ ಮತ್ತು ಭೌತ ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದಿಲ್ಲ.

K'ಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ವಿಶ್ರಾಂತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಒಬ್ಬ ವೀಕ್ಷಕ ತಾನು " ವಾಸ್ತವ " ವಾಗಿಯೂ ಒಂದು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿರುವೆನೆಂಬುದಾಗಿ ಅನುಮಾನಿಸಲು ಇದರಲ್ಲಿ ಎಡೆಯುಂಟೇ? ಇದರ ಉತ್ತರ ನಿಷೇಧಾತ್ಮಕ. ಏಕೆಂದರೆ ಮುಕ್ತವಾಗಿ ಚಲಿಸಬಲ್ಲ ರಾಶಿಗಳಿಗೆ K'ನ ಜೊತೆಯಿರುವ ಈ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಅಷ್ಟೇ ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಈ ಮುಂದಿನಂತೆ ಕೂಡ ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಿಸಬಹುದು: ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆ K' ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತವಾಗಿಲ್ಲ, ಆದರೆ ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಆಕಾಶ-ಕಾಲ ಪ್ರದೇಶ ಒಂದು ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವದಲ್ಲಿದೆ, ಇದು K'ಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಕಾಯಗಳ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತ ಚಲನೆಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುತ್ತದೆ.

ಎಲ್ಲ ಕಾಯಗಳಿಗೂ ಒಂದೇ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವನ್ನು ಒದಗಿಸಬಲ್ಲಂಥ ಗಮನಾರ್ಹ ಗುಣದಿಂದ ಕೂಡಿರುವ ಬಲಕ್ಷೇತ್ರವೊಂದರ, ಅಂದರೆ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದ, ಅಸ್ತಿತ್ವದ ಬಗ್ಗೆ ಅನುಭವ ಕಲಿಸುವ ಪಾಠದಿಂದ ಈ ದೃಷ್ಟಿಕೋನ ನಮಗೆ ಲಭಿಸಿರುವುದಾಗಿದೆ.*

* ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಈ ಗುಣವಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಎಟ್ವಾಶ್ **ಅತಿ** ನಿಖರವಾಗಿ ರುಜುವಾತುಪಡಿಸಿದ್ದಾರೆ.

K'ಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಕಾಯಗಳ ಬಲವೈಜ್ಞಾನಿಕ ವರ್ತನೆ, ರೂಢಿಯಲ್ಲಿ "ಸ್ತಬ್ಧ" ಅಥವಾ "ಪುರಸ್ಕೃತ" ಎಂಬುದಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಅನುಭವಕ್ಕೆ ವೇದ್ಯವಾಗುವುದೇ ಆಗಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಭೌತ ನಿಲುವಿನಿಂದ, ಉಭಯವ್ಯವಸ್ಥೆ K ಮತ್ತು K'ಗಳೂ "ಸ್ತಬ್ಧ" ಎಂಬುದಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಲ್ಪಡಲು ಒಂದೇ ಹಕ್ಕು ಪಡೆದಿವೆ ಎಂಬುದು ಈ ಸ್ವೀಕೃತಭಾವನೆಯಿಂದ ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಸ್ಫುರಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಭೌತ ವಿವರಣೆ ನೀಡಲು ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಾಗಿ ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಮವಾದ ಹಕ್ಕು ಉಂಟು ಎಂದಾಯಿತು.

ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಅನ್ವೇಷಿಸುತ್ತ ಸಾಗುವಾಗ ಕೇವಲ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು "ಉತ್ಪಾದಿಸಲು" ಶಕ್ತರಾಗುವೆವಾಗಿ ಈ ಹಾದಿ ನಮ್ಮನ್ನು ಗುರುತ್ವದ ಒಂದು ಸಿದ್ಧಾಂತದತ್ತ ಒಯ್ಯುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಮೇಲಿನ ಚಿಂತನೆಗಳಿಂದ ಕಾಣಬಹುದಾಗಿದೆ. Kಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಬೆಳಕು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ನಿಯತ ವೇಗದಿಂದ ಸರಳರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಸರಿಸಿದ್ದಾದರೆ, K'ಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಬೆಳಕಿನ ಒಂದು ಕಿರಣದ ಪಥ ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ವಕ್ರರೇಖೀಯವಾಗಿರುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಗ್ರಹಿಸುತ್ತೇವೆ. ಎಂದೇ ನಿರ್ವಾತದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದ ನಿಯತತೆಯ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ರೂಪಾಂತರಿಸಬೇಕು ಎಂಬುದು ಕೂಡ ಸುಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ.

§ 3 ಆಕಾಶ–ಕಾಲ ಸಾತತ್ಯ. ನಿಸರ್ಗದ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುವ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಗೆ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಹಚರತೆಯ ಆವಶ್ಯಕತೆ.

ಅಭಿಜಾತ ಬಲವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿಯೂ ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿಯೂ ಆಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲದ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳಿಗೆ ನೇರವಾದ ಭೌತಾರ್ಥವಿದೆ. ಬಿಂದು–ಘಟನೆಯೊಂದರ X_1 ನಿರ್ದೇಶಕ x_1 ಎಂಬುದರ ಅರ್ಥ ದೃಢ ಸರಳುಗಳಿಂದ ನಿರ್ಧರಿತವಾಗಿ, ಮತ್ತು ಯೂಕ್ಲಿಡ್ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ವಿಧಿಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ, X_1 ಅಕ್ಷದ ಮೇಲಿನ ಆ ಬಿಂದು–ಘಟನೆಯ ವಿಕ್ಷೇಪವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಮೂಲಬಿಂದುವಿನಿಂದ X_1 ಅಕ್ಷದ ನೇರ, (ಏಕಮಾನ ಉದ್ದವಿರುವ) ದತ್ತ ಸರಳನ್ನು x_1 ಸಲ ಅಳೆದು ಪಡೆಯಲಾಗಿದೆ ಎಂಬುದೇ ಆ ಅರ್ಥ. ಬಿಂದು–ಘಟನೆಯೊಂದರ X_4 ನಿರ್ದೇಶಕ $x_4 = t$ ಎಂದರೆ, ಕಾಲವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಏಕಮಾನಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಅಳೆಯಲು ನಿಯೋಜಿತವಾಗಿರುವ ಮತ್ತು ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಸ್ತಬ್ಧವಾಗಿದ್ದು ವಸ್ತುತಃ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಈ ಬಿಂದು–ಘಟನೆಯೊಂದಿಗೆ* ಐಕ್ಯವಾಗಿರುವ ಒಂದು ಶಿಷ್ಟಗಡಿಯಾರ ಈ ಘಟನೆ ಸಂಭವಿಸುವ ಹೊತ್ತಿಗೆ $x_4 = t$ ಅವಧಿಗಳನ್ನು ಅಳೆದು ಮುಗಿಸಿರುವುದೆಂದರ್ಥ.

* ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಸನ್ನಿಕಟಾಸನ್ನವಾಗಿರುವ ಘಟನೆಗಳಿಗೆ ಅಥವಾ—ಇನ್ನೂ ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ–ಆಕಾಶ–ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಸನ್ನಿಕಟಾಸನ್ನತೆಗೆ ಇಲ್ಲವೇ ಐಕ್ಯಕ್ಕೆ, "ಏಕಕಾಲಿಕತೆ"ಯನ್ನು, ಈ ಮೂಲಭೂತ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗೆ ವ್ಯಾಖ್ಯೆ ಕೊಡದೆ, ತಾಳೆ ನೋಡುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಅಂಗೀಕರಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಆಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲವನ್ನು ಕುರಿತ ಈ ದೃಷ್ಟಿಯು ಬಗ್ಗೆ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಇದೊಂದು ನಿಯಮವೇ ಎನ್ನುವಂತೆ ಪ್ರಜ್ಞಾವಂತರಾಗಿರದಿದ್ದರೂ ಅವರ ಮನದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಇದು ಸದಾ ಇದ್ದೇ ಇತ್ತು. ಭೌತಮಾಪನೆಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳು ನಿರ್ವಹಿಸುವ ಪಾತ್ರದಿಂದ ಇದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ; ಹಿಂದಿನ ಪರಿಚ್ಛೇದದಲ್ಲಿ (§ 2) ಓದಿದುದನ್ನು ವಾಚಕರು ಯಾವುದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವಾಗ ಅವರ ಚಿಂತನೆಗಳಲ್ಲಿ ಕೂಡ ಇದೇ ದೃಷ್ಟಿ ಅಂತರ್ಗತವಾಗಿರಬೇಕು. ಆದರೆ, ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರವಿಲ್ಲದ ವಿಶೇಷ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವುದಾದಲ್ಲಿ, ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅಭಿಗೃಹೀತವನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಿಕೊಂಡು ಹೋಗುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಈ ಮೇಲಿನ ದೃಷ್ಟಿಯನ್ನು ಬದಿಗೊತ್ತಿ ಅದರ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕವಾದ ದೃಷ್ಟಿಯನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನೀಗ ತೋರಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಲ್ಲದ ಒಂದು ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ $K(x, y, z, t)$ ಎಂಬ ಒಂದು ಗೆಲಿಲಿಯೊ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನೂ Kಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಏಕರೀತಿ ಆವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿರುವ K' (x', y', z', t') ಎಂಬ ಒಂದು ನಿರ್ದೇಶಕವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನೂ ಪರಿಗಣಿಸುತ್ತೇವೆ. ಉಭಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಮೂಲಬಿಂದುಗಳೂ Z ಅಕ್ಷಗಳೂ ಶಾಶ್ವತವಾಗಿ ಐಕ್ಯವಾಗಿರಲಿ. ಉದ್ದಗಳ ಮತ್ತು ಕಾಲಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಮೇಲೆ ನೀಡಿದ ಭೌತಾರ್ಥವುಳ್ಳ ವ್ಯಾಖ್ಯೆಯನ್ನು K' ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಆಕಾಶ–ಕಾಲ ಮಾಪನೆ ಮಾಡುವಾಗ ಸಿಂಧುವಾಗಿರಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದೆಂದು ಈಗ ತೋರಿಸೋಣ. ಸಮಾಂಗೀಯತೆಯ ಕಾರಣಗಳಿಂದಾಗಿ Kಯ X, Y ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಮೂಲಬಿಂದುವಿನ ಸುತ್ತ ಇರುವ ವೃತ್ತವನ್ನು ಅದೇ ವೇಳೆ K'ನ X' Y' ಸಮತಲದಲ್ಲಿಯ ಒಂದು ವೃತ್ತವೆಂಬುದಾಗಿಯೂ ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಇದರ ಪರಿಧಿ ಮತ್ತು ವ್ಯಾಸಗಳನ್ನು, ತ್ರಿಜ್ಯಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದಂತೆ ಅನಂತಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿರುವ ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಅಳತೆಯಿಂದ ಅಳೆದು ಇವೆರಡು ಫಲಿತಾಂಶಗಳ ಭಾಗಲಬ್ಧವನ್ನು ಪಡೆದಿರುವೆವೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಗೆಲಿಲಿಯೊ ವ್ಯವಸ್ಥೆ Kಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ವಿಶ್ರಾಂತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಮಾಪನ–ಸರಳಿನಿಂದ ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಿದ್ದಾಗಿದ್ದರೆ ಭಾಗಲಬ್ಧ π ಆಗಿರುತಿತ್ತು. K'ಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ವಿಶ್ರಾಂತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಮಾಪನ–ಸರಳಿನಿಂದಾದರೊ, ಈ ಭಾಗಲಬ್ಧ πಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. [K'ಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ] ಅಳೆಯುವ ಇಡೀ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು "ಸ್ತಬ್ಧ" ವ್ಯವಸ್ಥೆ Kಯಿಂದ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದಾಗ ಅಂಚಿಗೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದ ಮಾಪನ–ಸರಳು ಲೊರೆಂಟ್ಸ್ ಸಂಕೋಚನಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗುವುದನ್ನೂ ತ್ರಿಜ್ಯದ ನೇರದ್ದು ಒಳಗಾಗದಿರುವುದನ್ನೂ ಗಮನಿಸಿದರೆ ಇದು ಸುಲಭವಾಗಿ ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ K'ಗೆ ಯೂಕ್ಲಿಡ್ ಜ್ಯಾಮಿತಿ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಹೀಗೆ ಯೂಕ್ಲಿಡ್ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ಸಿಂಧುತ್ವವನ್ನು ಪೂರ್ವಾಂಗೀಕರಿಸಿ ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸಲಾಗಿರುವ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ

ಭಾವನೆ K'ಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಕುಸಿದು ಬೀಳುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿ ಭೌತಾವಶ್ಯಕತೆ ಗಳಿಗೆ ಸಂವಾದಿಯಾಗಿದ್ದು K'ಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ವಿಶ್ರಾಂತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಗಡಿಯಾರ ಗಳಿಂದ ಸೂಚಿತವಾಗುವ ಒಂದು ಕಾಲವನ್ನು ಕೂಡ K'ನಲ್ಲಿ ಪರಿಗಣಿಸಲು ಅಸಮರ್ಥರಾಗುತ್ತೇವೆ. ಈ ಅಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ದೃಢಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು, ಒಂದೇ ಸಂರಚನೆಯುಳ್ಳ ಎರಡು ಗಡಿಯಾರಗಳಿವೆ ಎಂದು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳೋಣ. ಒಂದನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಮೂಲಬಿಂದುವಿನಲ್ಲೂ ಇನ್ನೊಂದನ್ನು ವೃತ್ತದ ಪರಿಧಿಯಲ್ಲೂ ಇರಿಸ ಲಾಗಿರಲಿ. ಎರಡನ್ನೂ "ಸ್ತಬ್ಧ" ವ್ಯವಸ್ಥೆ Kಯಿಂದ ಪರಿಗಣಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಸುಪರಿಚಿತ ಫಲಿತಾಂಶವೊಂದರಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುವಂತೆ, ಪರಿಧಿಯಲ್ಲಿರುವ ಗಡಿಯಾರ—Kಯಿಂದ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದಂತೆ— ಇನ್ನೊಂದಕ್ಕಿಂತ ಸಾವಕಾಶವಾಗಿ ಸರಿಯುತ್ತದೆ. ಕಾರಣ, ಮೊದಲನೆಯದು ಚಲನೆ ಯಲ್ಲಿದೆ, ಎರಡನೆಯದು ವಿಶ್ರಾಂತಿಯಲ್ಲಿದೆ. ಇದರಿಂದ, ಪರಿಧಿಯಲ್ಲಿರುವ ಗಡಿಯಾರ ವನ್ನು ಬೆಳಕಿನ ನೆರವಿನಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಲು ಅವಕಾಶವಿರುವ ಮತ್ತು ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಸಾಮಾನ್ಯ ಮೂಲಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಉಪಸ್ಥಿತನಾಗಿರುವ ಒಬ್ಬ ವೀಕ್ಷಕ ಈ ಗಡಿಯಾರ ತನ್ನ ಒತ್ತಿಗಿರುವ ಗಡಿಯಾರಕ್ಕಿಂತ ಹಿಂದೆ ಸರಿದಿರುವುದನ್ನು ಕಾಣುತ್ತಾನೆ. ಪರಿಶೀಲಿತ ಪಥದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ ಪ್ರಕಟಿತವಾಗಿ ಕಾಲಾವಲಂಬಿ ಆಗಿದೆ ಎಂದಿಟ್ಟು ಕೊಳ್ಳುವುದು ಆತನ ಮನಸ್ಸಿಗೆ ಒಪ್ಪಿಗೆ ಆಗದು. ಹೀಗಾಗಿ, ತನ್ನ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ಆತ, ಪರಿಧಿಯಲ್ಲಿರುವ ಗಡಿಯಾರ ಮೂಲಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಗಡಿಯಾರಕ್ಕಿಂತ "ನಿಜಕ್ಕೂ" ನಿಧಾನವಾಗಿ ಸರಿಯುವುದನ್ನು ತೋರಿಸುವುದೆಂಬುದಾಗಿ ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಿಸು ತ್ತಾನೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಗಡಿಯಾರದ ದರ ಅದರ ನೆಲೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ, ಎಂದು ಕಾಲವನ್ನು ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸಲು ಆತ ಬದ್ಧನಾಗುತ್ತಾನೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಮುಂದಿನ ಫಲಿತಾಂಶ ಲಭಿಸುತ್ತದೆ : ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಆಕಾಶೀಯ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಏಕಮಾನ ಮಾಪನ ಸರಳಿನಿಂದಾಗಲಿ, ಕಾಲ ನಿರ್ದೇಶಕದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಶಿಷ್ಟ ಗಡಿಯಾರ ದಿಂದಾಗಲಿ ಅಳೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತೆ ಆಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲವನ್ನು ವ್ಯಾಖ್ಯಿ ಸಲು ಆಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಹೀಗೆ, ಆಕಾಶ–ಕಾಲ ಸಾತತ್ಯಕ್ಕೆ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳನ್ನು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಲು ಈತನಕ ಅನುಸರಿಸಲಾದ ವಿಧಾನ ಮುರಿದು ಬೀಳುತ್ತದೆ ; ಮತ್ತು ಇದರಿಂದಾಗಿ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮಗಳ ವಿಶ್ವಕ್ಕೆ ಯುಕ್ತ ವಾದ ಮಾರ್ಪಾಡುಗಳೊಡನೆ ಅನ್ವಯಿಸಿ, ತನ್ಮೂಲಕ ನಿಸರ್ಗನಿಯಮಗಳ ಸರಳವಾದ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ಸೂತ್ರೀಕರಣವನ್ನು ನಿರೀಕ್ಷಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬಲ್ಲ ಬೇರೆ ಯಾವ ಹಾದಿಯೂ ಇಲ್ಲವೆಂದು ಅನ್ನಿಸುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಾವು ಊಹಿಸಬಹುದಾದ ಎಲ್ಲ

ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳೂ ನಿಸರ್ಗವನ್ನು ವಿವರಿಸಲು, ತತ್ತ್ವಶಃ, ಸಮವಾಗಿ ಸಮರ್ಪಕವೆಂದು ಭಾವಿಸುವುದರ ಹೊರತು ಅನ್ಯಮಾರ್ಗವಿಲ್ಲ. ಎಂದೇ—

ಎಲ್ಲ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಾಧುವಾಗಿರುವ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ, ಅಂದರೆ ಯಾವುದೇ ಪ್ರತಿಸ್ಥಾಪನೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಸಹಚರವಾಗಿರುವ (ಸಾರ್ವತ್ರಿಕವಾಗಿ ಸಹಚರ) ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ನಿಸರ್ಗದ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಬೇಕು—

ಎಂಬುದು ಅವಶ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಅಭಿಗೃಹೀತವನ್ನು ತೃಪ್ತಿಪಡಿಸುವ ಒಂದು ಭೌತಸಿದ್ಧಾಂತ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕಾಭಿಗೃಹೀತವನ್ನು ಕುರಿತಂತೆಯೂ ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿರುವುದೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. ಏಕೆಂದರೆ ಎಲ್ಲ ಪ್ರತಿಸ್ಥಾಪನೆಗಳ ಸಮುದಾಯ ಮೂರು ಆಯಾಮಗಳಲ್ಲಿಯ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಗಳಿಗೆ ಸಂವಾದಿಯಾದ ಪ್ರತಿಸ್ಥಾಪನೆಗಳನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡಿದೆ. ಆಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲದಿಂದ ಭೌತವಸ್ತುನಿಷ್ಠತೆಯ ಕೊನೆಯ ತುಣುಕನ್ನೂ ತೆಗೆದುಬಿಡುವ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಹಚರತೆ ಎಂಬ ಈ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಸಹಜವಾದದ್ದು ಎಂಬುದನ್ನು ಮುಂದಿನ ಚಿಂತನೆಯಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು. ನಾವು ಮಾಡುವ ಆಕಾಶ–ಕಾಲ ತಾಳೆಪಡಿಸಿಕೆಗಳೆಲ್ಲವೂ ಅನಿವಾರ್ಯವಾಗಿ ಆಕಾಶ–ಕಾಲ ಐಕ್ಯಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವವೇ ಆಗಿವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಘಟನೆಗಳು ದ್ರವ್ಯಬಿಂದುಗಳ ಚಲನೆಯಿಂದ ಮಾತ್ರ ಆದವಾಗಿದ್ದರೆ ಆಗ ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಎರಡು ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು ಈ ದ್ರವ್ಯ ಬಿಂದುಗಳ ಮಿಲನಗಳ ಹೊರತಾಗಿ ಬೇರೇನೂ ಗೋಚರಿಸುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ. ಮೇಲಾಗಿ, ನಾವು ಮಾಡಿರುವ ಅಳತೆಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳಾದರೂ ನಮ್ಮ ಮಾಪನೋಪಕರಣಗಳ ದ್ರವ್ಯಬಿಂದುಗಳು ಇತರ ದ್ರವ್ಯಬಿಂದುಗಳೊಡನೆ ಸೇರುವ ಇಂಥ ಮಿಲನಗಳ ತಾಳೆಪಡಿಸಿಕೆಗಳೂ ಗಡಿಯಾರವೊಂದರ ಮುಳ್ಳುಗಳ ಮತ್ತು ಗಡಿಯಾರದ ಮುಖದ ಮೇಲಿನ ಬಿಂದುಗಳ ನಡುವಿನ ಐಕ್ಯಗಳೂ ಒಂದೇ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವ ವೀಕ್ಷಿತ ಬಿಂದು–ಘಟನೆಗಳೇ ಆಗಿವೆ ಅಲ್ಲದೆ ಬೇರೇನೂ ಅಲ್ಲ.

ಉಲ್ಲೇಖ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೊಂದರ ಅಳವಡಿಕೆಯ ಉದ್ದೇಶ ಇಂಥ ಐಕ್ಯಗಳ ಸಮೂಹವನ್ನು ವಿವರಿಸುವುದೇ ಆಗಿದೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬಿಂದು–ಘಟನೆಗೂ ಸಂವಾದಿಯಾಗಿ $x_1 \ldots x_4$ ಚರಗಳ ಮೌಲ್ಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೊಂದಿರುವಂತೆ ವಿಶ್ವಕ್ಕೆ x_1, x_2, x_3, x_4 ಎಂಬ ನಾಲ್ಕು ಆಕಾಶ–ಕಾಲ ಚರಗಳನ್ನು ನಿಗದಿ ಮಾಡುತ್ತೇವೆ. ಐಕ್ಯಗೊಂಡಿರುವ ಎರಡು ಬಿಂದು–ಘಟನೆಗಳಿಗೆ ಸಂವಾದಿಯಾದ $x_1 \ldots x_4$ ಚರಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ—ಅಂದರೆ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಸರ್ವಸಮತೆ ಈ ಐಕ್ಯವನ್ನು ಲಕ್ಷಣಿಸುತ್ತದೆ. $x_1, \ldots, x_4$ ಚರಗಳ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಇವುಗಳ ಉತ್ಪನ್ನಗಳಾದ x_1', x_2', x_3', x_4' ಗಳನ್ನು ಹೊಸ ನಿರ್ದೇಶಕ

ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಾಗಿ, ಈ ಮೌಲ್ಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು ಒಂದು ಇನ್ನೊಂದಕ್ಕೆ ನಿಸ್ಸಂದಿಗ್ಧವಾಗಿ ಸಂವಾದಿಯಾಗಿರುವಂತೆ, ಅಳವಡಿಸಿದ್ದಾದರೆ ಆಗ ಈ ಹೊಸ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಕೂಡ ಎರಡು ಬಿಂದು–ಘಟನೆಗಳ ಐಕ್ಯಕ್ಕೆ ಎಲ್ಲ ನಾಲ್ಕು ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಸಮತೆಯೇ ನಿರೂಪಣೆ ಆಗುತ್ತದೆ. ನಮ್ಮ ಸಮಸ್ತ ಭೌತಾನುಭವವನ್ನೂ ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಇಂಥ ಐಕ್ಯಗಳಿಗೆ ಇಳಿಸಬಲ್ಲೆವಾದ್ದರಿಂದ ಕೆಲವೊಂದು ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ಇತರವುಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಎಂದು ಪುರಸ್ಕರಿಸಲು ಸನ್ನಿಕಟ ಕಾರಣವೇನೂ ಇಲ್ಲ. ಅಲ್ಲಿಗೆ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಹಚರತೆಯ ಆವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನು ತಲಪುತ್ತೇವೆ.

§4 ಆಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲದಲ್ಲಿಯ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳಿಗೂ ಮಾಪನೆಗೂ ಸಂಬಂಧ

ಪ್ರಸಕ್ತ ಚರ್ಚೆಯಲ್ಲಿ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಷ್ಟು ಸರಳವಾಗಿ, ತರ್ಕಬದ್ಧವಾಗಿ, ಮತ್ತು ಕನಿಷ್ಠ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಆದ್ಯುಕ್ತಿಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದುದಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸುವುದು ನನ್ನ ಉದ್ದೇಶವಲ್ಲ, ಬದಲು, ನನ್ನ ಮುಖ್ಯೋದ್ದೇಶ ನಾವು ನಡೆಯಲು ಹಿಡಿದಿರುವ ಹಾದಿ ಮನೋವೈಜ್ಞಾನಿಕವಾಗಿ ಸಹಜವಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ಇದರಲ್ಲಿ ಅಂತರ್ಗತವಾಗಿರುವ ಸ್ವೀಕೃತಭಾವನೆಗಳು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಷ್ಟೂ ಉತ್ಕೃಷ್ಟವಾದ ಭದ್ರತೆಯಿಂದ ಕೂಡಿವೆ ಎಂಬ ಅಂಶಗಳು ಓದುಗರಲ್ಲಿ ಮೂಡುವಂತೆ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಬೆಳೆಸುವುದೇ ಆಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ಲಕ್ಷ್ಯದಲ್ಲಿರಿಸಿಕೊಂಡು ಈ ಮುಂದಿನ ಹೇಳಿಕೆ ಸಾಧುವಾದದ್ದು ಎಂದು ಭಾವಿಸೋಣ.

ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮಗಳ ಅನಂತಸೂಕ್ಷ್ಮ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳನ್ನು ಯುಕ್ತವಾಗಿ ಆಯ್ದುದಾದರೆ, ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತ, ಅದರ ಸೀಮಿತಾರ್ಥದಲ್ಲಿ ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ಉದ್ದೇಶಕ್ಕಾಗಿ, ಅನಂತಸೂಕ್ಷ್ಮ ("ಸ್ಥಳೀಯ") [ವಲಯವೊಂದರಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿದ] ನಿರ್ದೇಶಕವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವನ್ನು, ಯಾವುದೇ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರ ತಲೆದೋರದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಆಯಬೇಕು. ಇದು ಅನಂತಸೂಕ್ಷ್ಮವಲಯವೊಂದರಲ್ಲಿ ಸಾಧ್ಯ. X_1, X_2, X_3 ಇಂಥ ಸ್ಥಳೀಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೊಂದರ ಆಕಾಶದ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳಾಗಿರಲಿ ಮತ್ತು X_4 ಸಮುಚಿತ ಏಕಮಾನದಲ್ಲಿ* ಅಳೆಯಲಾದ ತತ್ಸಂಬಂಧ ಕಾಲನಿರ್ದೇಶಕವಾಗಿರಲಿ. ಏಕಮಾನ ಅಳತೆಯಾಗಿ ಒಂದು ದೃಢ ಸರಳು ಒದಗಿದಲ್ಲಿ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದಿಕ್ಸ್ಥಿತಿಯುಳ್ಳ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೊಂದರ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳಿಗೆ ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ನೇರವಾದ ಒಂದು ಭೌತಾರ್ಥ ಉಂಟು. ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತದ ರೀತ್ಯ*

*ನಿರ್ವಾತದಲ್ಲಿ ಅಳೆಯಲಾದ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ "ಸ್ಥಳೀಯ" ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಏಕಕವಾಗಿರುವಂತೆ ಕಾಲದ ಏಕಮಾನವನ್ನು ಆಯಬೇಕು.

$$ds^2 = -dX_1^2 - dX_2^2 - dX_3^2 + dX_4^2 \quad \ldots(1)$$

ಎಂಬ ಉಕ್ತಿಗೆ ಸ್ಥಳೀಯ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ದಿಕ್ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸದ ಒಂದು ಮೌಲ್ಯವಿರುತ್ತದೆ. ಆಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಮಾಡುವ ಅಳತೆಗಳಿಂದ ಇದನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮಗಳ ಸಾತತ್ಯದಲ್ಲಿ ಅನಂತಸಾಮೀಪ್ಯದಲ್ಲಿರುವ [ಎರಡು] ಬಿಂದುಗಳ ರೇಖಾಧಾತುವಿನ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ds ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. dX_1, dX_2, dX_3, dX_4 ಕ್ಕೆ ಸೇರಿದ ds^2 ಧನಾತ್ಮಕವಾಗಿದ್ದರೆ ಇದನ್ನು, ಮಿಂಕೊವ್ಸ್ಕೀಯವರನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ, ಕಾಲಸದೃಶವೆಂದೂ ಋಣಾತ್ಮಕವಾಗಿದ್ದರೆ ಆಕಾಶಸದೃಶವೆಂದೂ ಹೇಳುತ್ತೇವೆ.

ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮಗಳ ಆಯ್ದ ಯಾವುದೇ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ನಾವು ಪರಿಗಣಿಸುತ್ತಿರುವ ''ರೇಖಾಧಾತು''ವಿಗೆ ಅಥವಾ ಅನಂತಸಮೀಪವಾಗಿರುವ ಎರಡು ಬಿಂದು–ಘಟನೆಗಳಿಗೆ ಸಂವಾದಿಯಾಗಿ, ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ $dx_1, \ldots, dx_4$ ಎಂಬ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಅವಕಲಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ವಲಯದಲ್ಲಿ ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನೂ ಅಂತೆಯೇ ಸ್ಥಳೀಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನೂ ಕೊಟ್ಟಿದ್ದರೆ ಆಗ dX_νಗಳನ್ನು [ಈ ಕೆಳಗೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ] dx_σಗಳ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ರೇಖಾಸಮಘಾತೀಯ ಉಕ್ತಿಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿನಿಧಿಸಬಹುದು :

$$dX_\nu = \sum_\sigma a_{\nu\sigma}\, dx_\sigma \quad \ldots (2)$$

ಈ ಉಕ್ತಿಗಳನ್ನು (1) ರಲ್ಲಿ ಆದೇಶಿಸಿದಾಗ

$$ds^2 = \sum_{\sigma\tau} g_{\sigma\tau}\, dx_\sigma\, dx_\tau \quad \ldots (3)$$

ದೊರೆಯುತ್ತವೆ. ಇಲ್ಲಿ $g^{\sigma\tau}$ ಗಳು x_σ ಗಳ ಉತ್ಪನ್ನಗಳು. ಇವು "ಸ್ಥಳೀಯ" ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ದಿಕ್ಸ್ಥಿತಿ ಮತ್ತು ಚಲನಸ್ಥಿತಿಯನ್ನೆಂದೂ ಅವಲಂಬಿಸಿರಲಾರವು. ಏಕೆಂದರೆ ds^2 ಎಂಬುದು ಆಕಾಶ–ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಸರಳು–ಗಡಿಯಾರ ಮಾಪನೆಗಳಿಂದ ಪಡೆಯಬಲ್ಲ, ಅನಂತಸಮೀಪ ಬಿಂದು–ಘಟನೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಒಂದು ರಾಶಿ ; ಮತ್ತು ಇದನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಯಾವುದೇ ವಿಶಿಷ್ಟ ಆಯ್ಕೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸದಂತೆ ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸಲಾಗಿದೆ. $g_{\sigma\tau} = g_{\sigma\tau}$ ಆಗಿರುವಂತೆ ಇಲ್ಲಿ $g_{\sigma\tau}$ ಗಳನ್ನು ಆಯಬೇಕು ; ಸಂಕಲನ σ ಮತ್ತು τಗಳ ಸಮಸ್ತ ಮೌಲ್ಯಗಳ ಮೇಲೂ ಇರತಕ್ಕದ್ದು. ಹೀಗೆ [(3)ರ ಬಲಪಾರ್ಶ್ವದ] ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿ 4×4 ಪದಗಳಿದ್ದು ಇವುಗಳ ಪೈಕಿ ಹನ್ನೆರಡು ಯುಗ್ಮತಃ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

$g_{\sigma\tau}$ ಗಳಿಗೆ ಸಾಂತವಲಯವೊಂದರಲ್ಲಿ

$$\left.\begin{matrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{matrix}\right\} \quad \ldots(4)$$

ಎಂಬ ಸ್ಥಿರಮೌಲ್ಯಗಳು ಬರುವಂತೆ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವ ರೀತಿ $g_{\sigma\tau}$ ಗಳ ನಡುವೆ ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಂಬಂಧಗಳೇನಾದರೂ ಇದ್ದಲ್ಲಿ ಆಗ ಇಲ್ಲಿ ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗಿರುವ ಸಂದರ್ಭದಿಂದ ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತದ ಸಂದರ್ಭ ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಆಯ್ಕೆ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ಸಾಂತವಲಯವೊಂದರಲ್ಲಿ ಸಾಧ್ಯವಾಗದೆಂಬುದನ್ನು ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ನೋಡುತ್ತೇವೆ.

ಭೌತ ನಿಲವಿನಿಂದ ನೋಡುವಾಗ $g_{\sigma\tau}$ ಗಳನ್ನು, ಆಯ್ದ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ವಿವರಿಸುವ ರಾಶಿಗಳಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಬೇಕೆಂದು § 2 ಮತ್ತು § 3ರ ಪರಿಶೀಲನೆಗಳಿಂದ ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ಸಮುಚಿತವಾಗಿ ಆಯ್ದ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತ ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮಗಳ ಒಂದು ವಲಯಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದೆಂದು ಅಂಗೀಕರಿಸಿದ್ದಾದರೆ ಆಗ $g_{\sigma\tau}$ ಗಳಿಗೆ (4)ರಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಒದಗುತ್ತವೆ ; ಆಗ ಮುಕ್ತ ದ್ರವ್ಯ ಬಿಂದುವೊಂದು ಈ [ನಿರ್ದೇಶಕ] ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಸರಳರೇಖೆಯ ನೇರ ಏಕರೀತಿ ಚಲನೆಯಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ ; ಈಗ, ಆಯ್ದ ಯಾವುದೇ ಪ್ರತಿಸ್ಥಾಪನೆಯಿಂದ ನೂತನ ಆಕಾಶ-ಕಾಲ ನಿರ್ದೇಶಕ x_1, x_2, x_3, x_4 ಗಳನ್ನು ಪ್ರವೇಶಗೊಳಿಸಿದ್ದಾದರೆ, ಈ ನೂತನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ $g_{\sigma\tau}$ ಗಳು ಸ್ಥಿರಾಂಕಗಳಾಗಿ ಉಳಿಯದೆ ಆಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲದ ಉತ್ಪನ್ನಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ ; ಇದರ ಜೊತೆಗೆ ನೂತನ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳಲ್ಲಿ ಮುಕ್ತ ದ್ರವ್ಯಬಿಂದುವಿನ ಚಲನೆ ಏಕರೀತಿಯದಲ್ಲದ ವಕ್ರರೇಖೀಯ ಚಲನೆಯಾಗಿ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ; ಮತ್ತು ಈ ಚಲನೆಯ ನಿಯಮ ಚರಕಣದ ಸ್ವಭಾವವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಚಲನೆಯನ್ನು ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುತ್ತಿರುವ ಚಲನೆಯೆಂದು ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಿಸುತ್ತೇವೆ. ಹೀಗೆ $g_{\sigma\tau}$ ಗಳ ಆಕಾಶ-ಕಾಲ ಚರತೆಯೊಂದಿಗೆ ಸಂಯೋಜಿತವಾದ ಒಂದು ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರ ಉದ್ಭವಿಸುವುದನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಇದರಂತೆಯೇ, ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಯುಕ್ತ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಆಯ್ಕೆಯಿಂದ ಸಾಂತವಲಯವೊಂದಕ್ಕೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಕೂಡ $g_{\sigma\tau}$ ಗಳು ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ವಿವರಿಸುತ್ತವೆಂಬ ಅಭಿಪ್ರಾಯವನ್ನು ದೃಢವಾಗಿ ಹಿಡಿಯುತ್ತೇವೆ.

ಹೀಗೆ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅನುಸಾರ ಇತರ ಬಲಗಳಿಗೆ, ತತ್ರಾಪಿ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ಬಲಗಳಿಗೆ, ಹೋಲಿಸಿದಂತೆ ಗುರುತ್ವ ಅಸಾಧಾರಣಸ್ಥಾನ ಪಡೆದಿದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುವ ಹತ್ತು ಉತ್ಪನ್ನಗಳು ಅದೇ ವೇಳೆ ಮಾಪಿತ ಆಕಾಶದ ಮಾಪೀಯ ಗುಣಗಳನ್ನು ಕೂಡ ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸುತ್ತವೆ.

B ಸಾರ್ವತ್ರಿಕವಾಗಿ ಸಹಚರವಾಗಿರುವ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಸೂತ್ರೀಕರಣಕ್ಕೆ ಗಣಿತಸಹಾಯಕಗಳು

ನಿರ್ದೇಶಕ $x_1, \ldots, x_4$ ಗಳ ಯಾವುದೇ ಪ್ರತಿಸ್ಥಾಪನೆಯಲ್ಲೂ ಸಮೀಕರಣಗಳು ಸಹಚರವಾಗಿರಬೇಕೆಂಬ ಅಪೇಕ್ಷೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕಾಭಿಗೃಹೀತ ನಮ್ಮನ್ನು ಕೊಂಡೊಯ್ಯುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಈ ಮೇಲೆ ನೋಡಿದ ಬಳಿಕ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕವಾಗಿ ಸಹಚರವಾಗಿರುವ ಇಂಥ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚಬಹುದೆಂಬುದನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಶುದ್ಧ ಗಣಿತೀಯ ಸಮಸ್ಯೆಯತ್ತ ಈಗ ತಿರುಗುತ್ತೇವೆ ; ಮತ್ತು ಇದರ ಪರಿಹಾರದಲ್ಲಿ ಸಮೀಕರಣ (3)ರಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿರುವ—ಗೌಸನ ತಲಗಳ ಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ ಎರವಲು ಪಡೆದು 'ರೇಖಾಧಾತು' ಎಂದು ಹೆಸರಿಸಿರುವ—ಅಚರ ds ಮೂಲಭೂತವಾದ ಒಂದು ಪಾತ್ರ ವಹಿಸುವುದೆಂಬುದನ್ನು ನೋಡುತ್ತೇವೆ.

ಸಹಚರಗಳ ಈ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೂಲಭೂತ ಭಾವನೆ ಇದು : ಯಾವುದೇ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ, ಟೆನ್ಸರಿನ ಘಟಕಗಳು ಎಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ, ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಹಲವಾರು ಉತ್ಪನ್ನಗಳಿಂದ ಕೆಲವು ವಸ್ತುಗಳು ("ಟೆನ್ಸರುಗಳು") ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರಲಿ. ಈಗ, ಮೂಲನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ ಈ ಘಟಕಗಳು ತಿಳಿದಿದ್ದು ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಮತ್ತೆ ಯಾವುದೇ ಹೊಸ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೊಡನೆ ಸಂಯೋಜಿಸುವ ಪರಿವರ್ತನೆ ತಿಳಿದಿದ್ದರೆ, ಆ ಹೊಸ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ ಇವನ್ನು ಗಣಿಸಲು ಕೆಲವೊಂದು ವಿಧಿಗಳಿವೆ. ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಟೆನ್ಸರುಗಳೆಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ ಈ ವಸ್ತುಗಳ ಘಟಕಗಳ ಪರಿವರ್ತನ ಸಮೀಕರಣಗಳು ರೇಖಾ ಸಮಘಾತೀಯವಾಗಿರುವುದೊಂದು ಹೆಚ್ಚಿನ ಲಕ್ಷಣ. ಆದ್ದರಿಂದ ಮೂಲವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ಘಟಕಗಳೂ ಶೂನ್ಯವಾದರೆ ಹೊಸ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತವೆ. ಎಂದೇ ಒಂದು ಟೆನ್ಸರಿನ ಎಲ್ಲ ಘಟಕಗಳನ್ನೂ ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮೀಕರಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ನಿಸರ್ಗದ ಒಂದು ನಿಯಮವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಿದ್ದಾದರೆ ಅದು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕವಾಗಿ ಸಹಚರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. [ಹೀಗಾಗಿ] ಟೆನ್ಸರುಗಳ ರೂಪಣೆಯ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ, ಸಾರ್ವತ್ರಿಕವಾಗಿ ಸಹಚರವಾಗಿರುವ ನಿಯಮಗಳ ಸೂತ್ರೀಕರಣದ ಸೌಲಭ್ಯವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

§5 ಪ್ರತಿಚರ ಮತ್ತು ಸಹಚರ ಚತುಸ್ಸದಿಶಗಳು
ಪ್ರತಿಚರಚತುಸ್ಸದಿಶಗಳು

$$\mathrm{d}x'_\sigma = \sum_\nu \frac{\partial x'_\sigma}{\partial x_\nu} \mathrm{d}x_\nu \quad \text{....(5)}$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನನಿಯಮವುಳ್ಳ $\mathrm{d}x_\nu$ ಗಳನ್ನು ರೇಖಾಧಾತುವಿನ ನಾಲ್ಕು "ಘಟಕಗಳು" ಎಂದು ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸುತ್ತೇವೆ. $\mathrm{d}x'_\sigma$ ಗಳು $\mathrm{d}x_\nu$ ಗಳ ರೇಖಾಸಮಘಾತೀಯ ಉತ್ಪನ್ನಗಳಾಗಿ ನಿರೂಪಿತವಾಗಿವೆ. ಎಂದೇ ಈ ನಿರ್ದೇಶಕ ಅವಕಲಗಳನ್ನು ಒಂದು ಬಗೆಯ "ಟೆನ್ಸರಿ" ನ ಘಟಕಗಳೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸ ಬಹುದು : ಈ ಟೆನ್ಸರನ್ನು ಪ್ರತಿಚರ ಚತುಸ್ಸದಿಶವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ನಾಲ್ಕು ರಾಶಿ A^ν ಗಳಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ವ್ಯಾಖ್ಯಿತವಾಗಿರುವ ಮತ್ತು

$$A'^\sigma = \sum_\nu \frac{\partial x'_\sigma}{\partial x_\nu} A^\nu \quad \text{....(5a)}$$

ಎಂಬ ಅದೇ ಪರಿವರ್ತನನಿಯಮವಿರುವ ಯಾವುದೇ ವಸ್ತುವನ್ನು ಕೂಡ ಪ್ರತಿಚರ ಚತುಸ್ಸದಿಶವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. A^σ ಮತ್ತು B^σ ಎರಡು ಚತುಸ್ಸದಿಶಗಳ ಘಟಕಗಳಾಗಿದ್ದರೆ, $A^\sigma \pm B^\sigma$ ಎಂಬ ಮೊತ್ತಗಳು ಕೂಡ ಚತುಸ್ಸದಿಶಗಳ ಘಟಕ ಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ ಎಂಬುದು (5a)ಯಿಂದ ಒಡನೆ ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ. ಮುಂದೆ ಪ್ರವೇಶ ಗೊಳಿಸಲಿರುವ ಎಲ್ಲ "ಟೆನ್ಸರು"ಗಳಿಗೂ ಇದೇ ರೀತಿಯ ಸಂಬಂಧಗಳು (ಟೆನ್ಸರುಗಳ ಸಂಕಲನ ಮತ್ತು ವ್ಯವಕಲನ ವಿಧಿ) ಸಾಧುವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಸಹಚರ ಚತುಸ್ಸದಿಶಗಳು : ಪ್ರತಿಚರ ಚತುಸ್ಸದಿಶ B^ν ವಿನ ಯಾವುದೇ ಸ್ವೇಚ್ಛಾ ಆಯ್ಕೆಗೆ

$$\sum_\nu A_\nu B^\nu = \text{ಅಚರ} \quad \text{....(6)}$$

ಆಗಿದ್ದರೆ ಆಗ A_ν ಎಂಬ ನಾಲ್ಕು ರಾಶಿಗಳನ್ನು ಒಂದು ಸಹಚರ ಚತುಸ್ಸದಿಶದ ಘಟಕಗಳೆಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಸಹಚರ ಚತುಸ್ಸದಿಶವೊಂದರ ಪರಿವರ್ತನನಿಯಮ ಈ ವ್ಯಾಖ್ಯೆಯಿಂದ ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ

$$\sum_\sigma A'_\sigma B'^\sigma = \sum_\nu A_\nu B^\nu$$

ಸಮೀಕರಣದ ಬಲಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿರುವ B^{ν} ಗಳನ್ನು, (5a) ಯ ಪ್ರತಿಲೋಮನದಿಂದ ಫಲಿಸುವ

$$\sum_{\sigma} \frac{\partial x_{\nu}}{\partial x'_{\sigma}} B'^{\sigma}$$

ಎಂಬುದರಿಂದ ಪ್ರತಿಸ್ಥಾಪಿಸಿದರೆ

$$\sum_{\sigma} B'^{\sigma} \sum_{\nu} \frac{\partial x_{\nu}}{\partial x'_{\sigma}} A_{\nu} = \sum_{\sigma} B'^{\sigma} A'_{\sigma}$$

ಲಭಿಸುತ್ತದೆ, ಈ ಸಮೀಕರಣ B'^{σ} ದ ಸ್ವೇಚ್ಛಾಭಮೌಲ್ಯಗಳಿಗೆ ಸಾಧುವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಪರಿವರ್ತನನಿಯಮ

$$A'_{\sigma} = \sum_{\nu} \frac{\partial x_{\nu}}{\partial x'_{\sigma}} A_{\nu} \qquad \text{....(7)}$$

ಎಂಬುದಾಗಿ ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ.

ಉಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಸರಳೀಕೃತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬರೆಯುವುದರ ಬಗ್ಗೆ ಟಿಪ್ಪಣಿ :

ಪ್ರಸಕ್ತ ಪರಿಚ್ಛೇದದಲ್ಲಿಯ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಮೇಲೆ ಒಮ್ಮೆ ಕಣ್ಣಾಡಿಸಿದಾಗ ಸಂಕಲನ ಚಿಹ್ನೆಯೊಂದರ ಕೆಳಗೆ ಎರಡು ಸಲ ಮತ್ತು ಎರಡೇ ಎರಡು ಸಲ ಬರುವ ಸೂಚ್ಯಂಕಗಳನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ ಒಂದು ಸಂಕಲನವಿದ್ದೇ ಇದೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ (ಉದಾ : (5)ರಲ್ಲಿಯ ಸೂಚ್ಯಂಕ ν). ಆದ್ದರಿಂದ ಸ್ಪಷ್ಟತೆಗೆ ಒಂದಿನಿತೂ ಕುಂದು ಬರದಂತೆ ಸಂಕಲನ ಚಿಹ್ನೆಯನ್ನು ತ್ಯಜಿಸಬಹುದು. ಆದರ ಬದಲಾಗಿ ಒಂದು ಸಂಪ್ರದಾಯವನ್ನು ಆಚರಣೆಗೆ ತರುತ್ತೇವೆ: ಅನ್ಯಥಾ ಹೇಳಿದ ಹೊರತು, ಉಕ್ತಿಯ ಒಂದು ಪದದಲ್ಲಿ ಸೂಚ್ಯಂಕವೊಂದು ಎರಡು ಸಲ ಬಂದುದಾದರೆ ಅದನ್ನು ಕುರಿತು ಸಂಕಲಿಸಲೇಬೇಕು.

ಸಹಚರ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಚರ ಚತುಸ್ಸದಿಶಗಳ ನಡುವಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವುದು ಅವುಗಳ ಪರಿವರ್ತನನಿಯಮದಲ್ಲಿ (ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ (7) ಅಥವಾ (5)). ಹಿಂದೆ ಮಂಡಿಸಿದ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಹೇಳಿಕೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಎರಡೂ ಟೆನ್ಸರುಗಳೇ. ಇದೇ ಇವುಗಳ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯ. ರೀಚೀ ಮತ್ತು ಲೇವೀ-ಚೀವೀಟ ಇವರನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ ಸೂಚ್ಯಂಕವನ್ನು ಮೇಲಿಟ್ಟು ಪ್ರತಿಚರ ಲಕ್ಷಣವನ್ನೂ ಕೆಳಗಿಟ್ಟು ಸಹಚರ ಲಕ್ಷಣವನ್ನೂ ಸೂಚಿಸುತ್ತೇವೆ.

§ 6 ಎರಡು ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚಿನ ದರ್ಜೆಗಳ ಟೆನ್ಸರುಗಳು

ಪ್ರತಿಚರ ಟೆನ್ಸರುಗಳು : ಎರಡು ಪ್ರತಿಚರ ಚತುಸ್ಸದಿಶಗಳ ಘಟಕಗಳಾದ A^{μ} ಮತ್ತು B^{ν} ಗಳ

$$A^{\mu\nu} = A^{\mu} B^{\nu} \qquad \ldots(8)$$

ಎಂಬ ಎಲ್ಲ ಹದಿನಾರು ಗುಣಲಬ್ಧಗಳನ್ನು ಪಡೆದದ್ದಾದರೆ ಆಗ (8) ಮತ್ತು (5a) ಗಳಿಂದ $A^{\mu\nu}$ ಎಂಬುದು

$$A'^{\sigma\tau} = \frac{\partial x'_{\sigma}}{\partial x_{\mu}} \frac{\partial x'_{\tau}}{\partial x_{\nu}} A^{\mu\nu} \qquad \ldots(9)$$

ಎಂಬ ಪರಿವರ್ತನನಿಯಮವನ್ನು ತೃಪ್ತಿಪಡಿಸುವುದೆಂದು ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ.

ಯಾವುದೇ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಹದಿನಾರು ರಾಶಿಗಳಿಂದ ವಿವರಿಸಲ್ಪಡುವ ಮತ್ತು ಪರಿವರ್ತನನಿಯಮ (9)ನ್ನು ತೃಪ್ತಿಪಡಿಸುವ ಒಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಒಂದು ಪ್ರತಿಚರ ಟೆನ್ಸರೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಇಂಥ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಟೆನ್ಸರನ್ನೂ (8)ರಲ್ಲಿದ್ದಂತೆ ಎರಡು ಚತುಸ್ಸದಿಶಗಳಿಂದ ರೂಪಿಸಬಹುದು ಎಂದೇನೂ ಇಲ್ಲ ; ಆದರೆ ಯಾವುದೇ ದತ್ತ ಹದಿನಾರು $A^{\mu\nu}$ಗಳನ್ನು ಯುಕ್ತವಾಗಿ ಆಯ್ದ ನಾಲ್ಕು ಜೊತೆ ಚತುಸ್ಸದಿಶಗಳ $A^{\mu} B^{\nu}$ ವಿನಂಥ [ಪದಗಳ] ಮೊತ್ತಗಳಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದೆಂದು ಸುಲಭವಾಗಿ ತೋರಿಸಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ (8)ರ ಪ್ರರೂಪದ ವಿಶೇಷ ಟೆನ್ಸರುಗಳು ಪಾಲಿಸುವ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಸಾಧಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ (9) ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸುವ ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಟೆನ್ಸರಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ, ಬಹುತೇಕ ಎಲ್ಲ ನಿಯಮಗಳನ್ನೂ ಅತ್ಯಂತ ಸರಳರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಧಿಸಬಹುದು.

ಯಾವುದೇ ದರ್ಜೆಯ ಪ್ರತಿಚರ ಟೆನ್ಸರುಗಳು : (8) ಮತ್ತು (9)ರ ಧಾಟಿಯಲ್ಲಿ ಮೂರು ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚಿನ ದರ್ಜೆಗಳ ಟೆನ್ಸರುಗಳನ್ನು 4^3 , ಇತ್ಯಾದಿ, ಘಟಕಗಳಿಂದ ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸಬಹುದೆಂಬುದು ಕೂಡ ಸ್ಪಷ್ಟ. ಈ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಚರ ಚತುಸ್ಸದಿಶವನ್ನು ಮೊದಲ ದರ್ಜೆಯ ಒಂದು ಪ್ರತಿಚರ ಟೆನ್ಸರಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದೆಂಬುದು (8) ಮತ್ತು (9)ರಿಂದ ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ.

ಸಹಚರ ಟೆನ್ಸರುಗಳು: ಹೀಗಲ್ಲದೆ A_{μ} ಮತ್ತು B_{ν} ಎಂಬ ಎರಡು ಸಹಚರ

ಚತುಸ್ಸದಿಶಗಳ ಹದಿನಾರು ಗುಣಲಬ್ಧ

$$A_{\mu\nu} = A_{\mu} B_{\nu} \qquad \text{....(10)}$$

ಎಂಬವನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಿದ್ದಾದರೆ ಇವುಗಳ ಪರಿವರ್ತನನಿಯಮ

$$A'_{\sigma\tau} = \frac{\partial x_{\mu}}{\partial x'_{\sigma}} \frac{\partial x_{\nu}}{\partial x'_{\tau}} A_{\mu\nu} \qquad \text{....(11)}$$

ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಪರಿವರ್ತನನಿಯಮ ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಸಹಚರ ಟೆನ್ಸರನ್ನು ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿಚರ ಟೆನ್ಸರುಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಹಿಂದೆ ಮಂಡಿಸಿದ ಎಲ್ಲ ಹೇಳಿಕೆಗಳೂ ಅಷ್ಟೇ ಸಮವಾಗಿ ಸಹಚರ ಟೆನ್ಸರುಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತವೆ.

ಟೀಕು : ಅದಿಶ(ಅಥವಾ ಅಚರ)ವನ್ನು ಶೂನ್ಯದರ್ಜೆಯ ಪ್ರತಿಚರ ಟೆನ್ಸರ್ ಇಲ್ಲವೇ ಸಹಚರ ಟೆನ್ಸರ್ ಎಂದು ಪರಿಭಾವಿಸುವುದು ಅನುಕೂಲ.

ಮಿಶ್ರ ಟೆನ್ಸರುಗಳು : ಸೂಚ್ಯಂಕ μವನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ ಸಹಚರವಾಗಿಯೂ ಸೂಚ್ಯಂಕ νವನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ ಪ್ರತಿಚರವಾಗಿಯೂ ಇರುವ ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ

$$A_{\mu}^{\nu} = A_{\mu} B^{\nu} \qquad \text{....(12)}$$

ಎಂಬ ಪ್ರರೂಪದ ಟೆನ್ಸರನ್ನು ಕೂಡ ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸಬಹುದು. ಇದರ ಪರಿವರ್ತನ ನಿಯಮ

$$A'^{\tau}_{\sigma} = \frac{\partial x'_{\tau}}{\partial x_{\nu}} \frac{\partial x_{\mu}}{\partial x'_{\sigma}} A_{\mu}^{\nu} \qquad \text{....(13)}$$

ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ. ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಯಾವುದೇ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಸಹಚರ ಲಕ್ಷಣದ ಸೂಚ್ಯಂಕಗಳೂ ಪ್ರತಿಚರ ಲಕ್ಷಣದ ಸೂಚ್ಯಂಕಗಳೂ ಇರುವ ಮಿಶ್ರ ಟೆನ್ಸರುಗಳಿವೆ. ಸಹಚರ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಚರ ಟೆನ್ಸರುಗಳನ್ನು ಮಿಶ್ರ ಟೆನ್ಸರುಗಳ ವಿಶೇಷ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು.

ಸಮಾಂಗೀಯ ಟೆನ್ಸರುಗಳು : ಎರಡು ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚಿನ ದರ್ಜೆಯ ಒಂದು ಪ್ರತಿಚರ ಅಥವಾ ಸಹಚರ ಟೆನ್ಸರಿನ ಎರಡು ಸೂಚ್ಯಂಕಗಳ ಅದಲುಬದಲಿಕೆಯಿಂದ ಪಡೆದ ಎರಡು ಘಟಕಗಳು ಸಮವಾಗಿದ್ದರೆ ಆ ಟೆನ್ಸರ್ ಸಮಾಂಗೀಯವಾಗಿದೆ ಎನ್ನುತ್ತೇವೆ. ಹೀಗೆ μ, ν ಸೂಚ್ಯಂಕಗಳ ಯಾವುದೇ ಜೋಡಣೆಗೆ ಟೆನ್ಸರ್ $A^{\mu\nu}$ವಿಗೆ

$$A^{\mu\nu} = A^{\nu\mu} \qquad \text{....(14)}$$

ಆಗಿದ್ದರೆ, ಮತ್ತು ಟೆನ್ಸರ್ $A^{\mu\nu}$ ಗೆ

$$A_{\mu\nu} = A_{\nu\mu} \qquad \text{....(14a)}$$

ಆಗಿದ್ದರೆ ಆಗ ಇವೆರಡು ಟೆನ್ಸರುಗಳೂ ಸಮಾಂಗೀಯವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಈ ತೆರನಾಗಿ ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸಲಾದ ಸಮಾಂಗೀಯತೆ, ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರದ ಒಂದು ಗುಣವೆಂದು ರುಜುವಾತಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ. ವಸ್ತುತಃ (14)ನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡಾಗ (9)ರಿಂಧ ಇದು ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ,

$$A'^{\sigma\pi} = \frac{\partial x'_\sigma}{\partial x_\mu} \frac{\partial x'_\pi}{\partial x_\nu} A^{\mu\nu} = \frac{\partial x'_\sigma}{\partial x_\mu} \frac{\partial x'_\sigma}{\partial x_\nu} A^{\nu\mu}$$

$$= \frac{\partial x'_\pi}{\partial x_\nu} \frac{\partial x'_\pi}{\partial x_\mu} A^{\mu\nu} = A'^{\pi\sigma}$$

ಇಲ್ಲಿ ಕೊನೆಯಿಂದ ಎರಡನೆಯ ಸಮೀಕರಣ ಸಂಕಲನ ಸೂಚ್ಯಂಕ μ, νಗಳ ಅದಲುಬದಲಿಕೆಯಿಂದ, ಅಂದರೆ ಕೇವಲ ಸಂಕೇತೀಕರಣದ ಬದಲಾವಣೆಯಿಂದ, ಲಭಿಸುತ್ತದೆ.

ಪ್ರತಿಸಮಾಂಗಿಯ ಟೆನ್ಸರುಗಳು: ಎರಡನೆಯ, ಮೂರನೆಯ ಅಥವಾ ನಾಲ್ಕನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಪ್ರತಿಚರ ಅಥವಾ ಸಹಚರ ಟೆನ್ಸರಿನಲ್ಲಿ ಎರಡು ಸೂಚ್ಯಂಕಗಳ ಅದಲುಬದಲಿಯಿಂದ ಪಡೆಯಲಾದ ಎರಡು ಘಟಕಗಳು ಸಮವಾಗಿದ್ದು ವಿರುದ್ಧ ಚಿಹ್ನೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೆ ಆ ಟೆನ್ಸರನ್ನು ಪ್ರತಿಸಮಾಂಗೀಯವೆನ್ನುತ್ತೇವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಯಾವಾಗಲೂ

$$A^{\mu\nu} = -A^{\nu\mu} \qquad \text{.... (15)}$$

ಅಥವಾ

$$A_{\mu\nu} = -A_{\nu\mu} \qquad \text{.... (15a)}$$

ಆಗಿದ್ದರೆ ಆಗ ಟೆನ್ಸರ್ $A^{\mu\nu}$ ಅಥವಾ ಟೆನ್ಸರ್ $A_{\mu\nu}$ ಪ್ರತಿಸಮಾಂಗೀಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

[ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಪ್ರತಿಸಮಾಂಗೀಯ ಟೆನ್ಸರೊಂದರ] ಹದಿನಾರು ಘಟಕ $A^{\mu\nu}$ ಗಳ ಪೈಕಿ ನಾಲ್ಕು ಘಟಕ $A^{\mu\mu}$ಗಳು ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತವೆ; ಮತ್ತು ಉಳಿದವು ಜೊತೆಗಳಲ್ಲಿ ಸಮ ಮತ್ತು ವಿರುದ್ಧ ಚಿಹ್ನೆಯವಾಗಿರುತ್ತವೆ; ಹೀಗಾಗಿ, ಸಾಂಖ್ಯಿಕವಾಗಿ ಭಿನ್ನವಾಗಿರುವ ಆರು ಘಟಕಗಳು ಮಾತ್ರ ಇರುತ್ತವೆ (ಒಂದು ಷಟ್ಸದಿಶ).

ಇದೇ ರೀತಿ, ಮೂರನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಪ್ರತಿಸಮಾಂಗೀಯ ಟೆನ್ಸರ್ $A^{\mu\nu\sigma}$ಕ್ಕೆ ಸಾಂಖ್ಯಿಕವಾಗಿ ಭಿನ್ನವಾಗಿರುವ ನಾಲ್ಕು ಘಟಕಗಳು ಮಾತ್ರ ಇರುತ್ತವೆ. ಪ್ರತಿ–ಸಮಾಂಗೀಯ ಟೆನ್ಸರ್ $A^{\mu\nu\sigma\tau}$ಗಾದರೋ [ಇಂಥ] ಒಂದೇ ಒಂದು ಘಟಕ ಮಾತ್ರ ಇರುತ್ತದೆ. ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮಗಳ ಸಾತತ್ಯದಲ್ಲಿ ನಾಲ್ಕನೆಯ ದರ್ಜೆಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ದರ್ಜೆಯ ಪ್ರತಿಸಮಾಂಗೀಯ ಟೆನ್ಸರುಗಳಿರುವುದಿಲ್ಲ.

§ 7 ಟೆನ್ಸರುಗಳ ಗುಣಾಕಾರ

ಟೆನ್ಸರುಗಳ ಹೊರ ಗುಣಾಕಾರ. n ದರ್ಜೆಯ ಒಂದು ಟೆನ್ಸರಿನ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಘಟಕವನ್ನೂ m ದರ್ಜೆಯ ಇನ್ನೊಂದು ಟೆನ್ಸರಿನ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಘಟಕದಿಂದಲೂ ಗುಣಿಸಿ $n+m$ ದರ್ಜೆಯ ಒಂದು ಟೆನ್ಸರಿನ ಘಟಕಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. ಹೀಗೆ ಉದಾಹರಣೆಗೆ, A ಮತ್ತು B ಎಂಬ ಭಿನ್ನ ಬಗೆಗಳ ಟೆನ್ಸರುಗಳಿಂದ ಟೆನ್ಸರುಗಳು T ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತವೆ:

$$T_{\mu\nu\sigma} = A_{\mu\nu} B_{\sigma}$$

$$T^{\mu\nu\sigma\tau} = A^{\mu\nu} B^{\sigma\tau}$$

$$T_{\mu\nu}^{\sigma\tau} = A_{\mu\nu} B^{\sigma\tau}$$

Tಯ ಟೆನ್ಸರ್ ಲಕ್ಷಣದ ಸಾಧನೆ (8), (10), (12) ನಿರೂಪಣೆಗಳಿಂದ ಅಥವಾ (9), (11), (13) ಪರಿವರ್ತನ ನಿಯಮಗಳಿಂದ ನೇರವಾಗಿ ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. (8), (10), (12) ಸಮೀಕರಣಗಳೇ ಮೊದಲ ದರ್ಜೆಯ ಟೆನ್ಸರುಗಳ ಹೊರ ಗುಣಾಕಾರದ ಉದಾಹರಣೆಗಳು.

ಮಿಶ್ರ ಟೆನ್ಸರಿನ "ಸಂಕೋಚನ" : ಸಹಚರ ಲಕ್ಷಣದ ಒಂದು ಸೂಚ್ಯಂಕವನ್ನು ಪ್ರತಿಚರ ಲಕ್ಷಣದ ಒಂದು ಸೂಚ್ಯಂಕಕ್ಕೆ ಸಮೀಕರಿಸಿ ಬಳಿಕ ಈ ಸೂಚ್ಯಂಕವನ್ನು ಕುರಿತು ಸಂಕಲಿಸಿ ("ಸಂಕೋಚನ") ಯಾವುದೇ ಮಿಶ್ರ ಟೆನ್ಸರಿನಿಂದ [ಅದರ ದರ್ಜೆಗಿಂತ] ಎರಡು ದರ್ಜೆ ಕಡಿಮೆ ಇರುವ ಒಂದು ಟೆನ್ಸರನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಹೀಗೆ, ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ನಾಲ್ಕನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಮಿಶ್ರ ಟೆನ್ಸರ್ $A_{\mu\nu}^{\sigma\tau}$ವಿನಿಂದ ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಮಿಶ್ರ ಟೆನ್ಸರ್

$$A_{\nu}^{\tau} = A_{\mu\nu}^{\mu\tau} \left(= \sum_{\mu} A_{\mu\nu}^{\mu\tau}\right)$$

ಎಂಬುದನ್ನೂ ಇದನ್ನು ಇನ್ನೊಮ್ಮೆ ಸಂಕೋಚಿಸುವುದರಿಂದ ಶೂನ್ಯದರ್ಜೆಯ ಟೆನ್ಸರ್

$$A = A_{\nu}^{\nu} = A_{\mu\nu}^{\mu\nu}$$

ಎಂಬುದನ್ನೂ ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಸಂಕೋಚನದ ಫಲಿತಾಂಶ ನಿಜಕ್ಕೂ ಟೆನ್ಸರ್ ಲಕ್ಷಣವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ ಎಂಬುದರ ಸಾಧನೆ (12)ರ ಸಾರ್ವತ್ರೀಕರಣವನ್ನು (6)ರ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಮಾಡಿದ ಟೆನ್ಸರಿನ ನಿರೂಪಣೆಯಿಂದ, ಅಥವಾ (13)ರ ಸಾರ್ವತ್ರೀಕರಣದಿಂದ ಒದಗುತ್ತದೆ.

ಟೆನ್ಸರುಗಳ ಒಳ ಮತ್ತು ಮಿಶ್ರಿತ ಗುಣಾಕಾರ: ಇವು ಸಂಕೋಚನ ದೊಂದಿಗೆ ಹೊರ ಗುಣಾಕಾರವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿವೆ.

ಉದಾಹರಣೆಗಳು. ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಸಹಚರ ಟೆನ್ಸರ್ $A_{\mu\nu}$ ಮತ್ತು ಒಂದನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಪ್ರತಿಚರ ಟೆನ್ಸರ್ B^{σ} ಇವುಗಳಿಂದ ಹೊರಗುಣಾಕಾರ ಮಾಡಿ ಮಿಶ್ರ ಟೆನ್ಸರ್

$$D_{\mu\nu}^{\sigma} = A_{\mu\nu} B^{\sigma}$$

ಎಂಬುದನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತೇವೆ. ಈಗ, ಸೂಚ್ಯಂಕ ν ಮತ್ತು σಗಳನ್ನು ಕುರಿತು ಸಂಕೋಚನ ಮಾಡಿದಾಗ ಸಹಚರ ಚತುಸ್ಸದಿಶ

$$D_{\mu} = D_{\mu\nu}^{\nu} = A_{\mu\nu} B^{\nu}$$

ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಟೆನ್ಸರ್ $A_{\mu\nu}$ ಮತ್ತು B^{σ} ಗಳ ಒಳಗುಣಲಬ್ಧವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಸದೃಶವಾಗಿ, ಟೆನ್ಸರ್ $A_{\mu\nu}$ ಮತ್ತು $B^{\sigma\tau}$ ಗಳಿಂದ ಹೊರ ಗುಣಾಕಾರ ಮತ್ತು ದ್ವಿಸಂಕೋಚನ ಮಾಡಿ ಒಳಗುಣಲಬ್ಧ $A_{\mu\nu} B^{\mu\nu}$ ವನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತೇವೆ. ಹೊರಗುಣಾಕಾರ ಮತ್ತು ಏಕಸಂಕೋಚನಮಾಡಿ $A_{\mu\nu}$ ಮತ್ತು $B^{\sigma\tau}$ ಗಳಿಂದ ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಮಿಶ್ರ ಟೆನ್ಸರ್ $D_{\mu}^{\tau} = A_{\mu\nu} \ B^{\nu\tau}$ ವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. ಈ ಪರಿಕರ್ಮ μ ಮತ್ತು τ ಸೂಚ್ಯಂಕಗಳನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ "ಹೊರಗಿನದೂ" ν ಮತ್ತು σ ಸೂಚ್ಯಂಕಗಳನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ "ಒಳಗಿನದೂ" ಆಗಿರು ವುದರಿಂದ ಇದನ್ನು ಮಿಶ್ರಿತ ಪರಿಕರ್ಮವೆಂದು ಯುಕ್ತವಾಗಿ ಲಕ್ಷಣಿಸಬಹುದು.

ಟೆನ್ಸರ್ ಲಕ್ಷಣದ ಸಾಕ್ಷಿಯಾಗಿ ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುವ ಒಂದು ಪ್ರಮೇಯವನ್ನು ಈಗ ಸಾಧಿಸುತ್ತೇವೆ. $A_{\mu\nu}$ ಮತ್ತು $B^{\sigma\tau}$ ಟೆನ್ಸರು ಗಳಾದರೆ, ಇದೀಗ ತಾನೇ ನೀಡಿರುವ ವಿವರಣೆಯಿಂದ, $A_{\mu\nu} \ B^{\mu\nu}$ ಒಂದು ಅದಿಶ

ವಾಗುವುದೆಂದು ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಈ ಮುಂದಿನ ದೃಢೋಕ್ತಿಯನ್ನು ಕೂಡ ಮಂಡಿಸಬಹುದು : **ಟೆನ್ಸರ್ $B^{\mu\nu}$ ವಿನ ಯಾವುದೇ ಆಯ್ಕೆಗೆ** $A_{\mu\nu}\ B^{\mu\nu}$ ಒಂದು ಅದಿಶವಾಗಿದ್ದರೆ ಆಗ $A_{\mu\nu}$ ವಿಗೆ ಟೆನ್ಸರ್ ಲಕ್ಷಣವಿರುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ಯಾವುದೇ ಪ್ರತಿಸ್ಥಾಪನೆಗೆ, ಅಂಗೀಕೃತ ಭಾವನೆಯಿಂದ,

$$A'_{\sigma\tau}\ B'^{\sigma\tau} = A_{\mu\nu}\ B^{\mu\nu}$$

ಆದರೆ (9)ರ ಪ್ರತಿಲೋಮನದಿಂದ

$$B^{\mu\nu} = \frac{\partial x_\mu}{\partial x'_\sigma} \quad \frac{\partial x_\nu}{\partial x'_\tau}\ B'^{\sigma\tau}.$$

ಎಂಬುದು ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಆದೇಶಿಸಿದಾಗ

$$\left(A'_{\sigma\tau} - \frac{\partial x_\mu}{\partial x'_\sigma} \quad \frac{\partial x_\nu}{\partial x'_\tau}\ A_{\mu\nu}\right) B'^{\sigma\tau} = 0$$

ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ಆವರಣ ಶೂನ್ಯವಾದಾಗ ಮಾತ್ರ ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು $B'^{\sigma\tau}$ ವಿನ ಸ್ವೇಚ್ಛಾ ಮೌಲ್ಯಗಳಿಗೆ ತೃಪ್ತಿಪಡಿಸಬಹುದು. ಆಗ ಸಮೀಕರಣ (11)ರಿಂದ ಫಲಿತಾಂಶ [$A_{\mu\nu}$ ವಿನ ಟೆನ್ಸರ್ ಲಕ್ಷಣ] ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿ ಈ ವಿಧಿ ಯಾವುದೇ ದರ್ಜೆಯ ಮತ್ತು ಲಕ್ಷಣದ ಟೆನ್ಸರುಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಎಲ್ಲ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಾಧನೆ ಈ ರೀತಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ.

ಈ ವಿಧಿಯನ್ನು ಈ ರೂಪದಲ್ಲಿಯೂ ತೋರಿಸಬಹುದು : B^{μ} ಮತ್ತು C^{ν} ಯಾವುವೇ ಸದಿಶಗಳಾಗಿದ್ದು ಅವುಗಳ ಸಮಸ್ತ ಬೆಲೆಗಳಿಗೂ ಒಳಗುಣಲಬ್ಧ $A_{\mu\nu}\ B^{\mu}\ C^{\nu}$ ಒಂದು ಅದಿಶವಾಗಿದ್ದರೆ, ಆಗ $A_{\mu\nu}$ ಒಂದು ಟೆನ್ಸರ್ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಚತುಸ್ಸದಿಶ B^{μ} ವಿನ ಯಾವುದೇ ಆಯ್ಕೆಯಲ್ಲಿ ಒಳ ಗುಣಲಬ್ಧ $A_{\mu\nu}\ B^{\mu}\ B^{\nu}$ ಒಂದು ಸದಿಶವೆಂಬ ಇನ್ನಷ್ಟು ಸೀಮಿತವಾದ ದೃಢೋಕ್ತಿ ಮಾತ್ರವೇ ನಿಜವಾಗಿದ್ದಾಗ ಇದರ ಜೊತೆಗೆ $A_{\mu\nu}$ ಸಮಾಂಗೀಯತೆಯ ನಿರ್ಬಂಧ $A_{\mu\nu} = A_{\nu\mu}$ ವನ್ನೂ ತೃಪ್ತಿಪಡಿಸುವುದೆಂದು ಗೊತ್ತಿದ್ದರೆ ಈ ಎರಡನೆಯ ಪ್ರಮೇಯ [ಅಂದರೆ $A_{\mu\nu}$ ಒಂದು ಸಹಚರ ಟೆನ್ಸರ್ ಎಂಬುದು] ಕೂಡ ಸಾಧುವಾಗುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಈ ಮೇಲೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ವಿಧಾನದಿಂದ $(A_{\mu\nu} + A_{\nu\mu})$ ವಿನ ಟೆನ್ಸರ್ ಲಕ್ಷಣವನ್ನು ರುಜುವಾತಿಸುತ್ತೇವೆ ; ಮತ್ತು ಇದರಿಂದ $A_{\mu\nu}$ ವಿನ ಟೆನ್ಸರ್ ಲಕ್ಷಣ ಸಮಾಂಗೀಯತೆಯ ಕಾರಣ

ವಾಗಿ ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಕೂಡ ಯಾವುದೇ ದರ್ಜೆಯ ಸಹಚರ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಚರ ಟೆನ್ಸರುಗಳ ಸಂದರ್ಭಕ್ಕೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ಸಾರ್ವತ್ರೀಕರಿಸಬಹುದು.

ಕೊನೆಯದಾಗಿ, ಈ ತನಕ ಏನನ್ನು ಸಾಧಿಸಿರುವೆವೊ ಅದರಿಂದ ಈ ಮುಂದಿನ ನಿಯಮ ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ; ಇದನ್ನು ಕೂಡ ಯಾವುದೇ ಟೆನ್ಸರುಗಳಿಗೆ ಸಾರ್ವತ್ರೀಕರಿಸಬಹುದು : ಚತುಸ್ಸದಿಶ B^ν ವಿನ ಯಾವುದೇ ಆಯ್ಕೆಗೆ ರಾಶಿಗಳು $A_{\mu\nu}\ B^\nu$ ಮೊದಲ ದರ್ಜೆಯ ಒಂದು ಟೆನ್ಸರನ್ನು ರೂಪಿಸಿದರೆ ಆಗ $A_{\mu\nu}$ ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಒಂದು ಟೆನ್ಸರ್ ಆಗುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ, C^μ ಯಾವುದೇ ಚತುಸ್ಸದಿಶವಾಗಿದ್ದರೆ, ಆಗ $A_{\mu\nu}\ B^\nu$ ವಿನ ಟೆನ್ಸರ್ ಲಕ್ಷಣದ ಕಾರಣವಾಗಿ, B^ν ಮತ್ತು C^μ ಎಂಬ ಎರಡು ಚತುಸ್ಸದಿಶಗಳ ಯಾವುದೇ ಆಯ್ಕೆಗೆ ಒಳಗುಣಲಬ್ಧ $A_{\mu\nu}\ B^\nu\ C^\mu$ ಒಂದು ಅದಿಶವಾಗಿದೆ. ಇದರಿಂದ ಪ್ರಮೇಯ ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ.

§ 8 ಮೂಲಭೂತ ಟೆನ್ಸರ್ $g_{\mu\nu}$ ವಿನ ಕೆಲವು ಮುಖಗಳು

ಸಹಚರ ಮೂಲಭೂತ ಟೆನ್ಸರ್ : $ds^2 = g_{\mu\nu}\ dx_\mu\ dx_\nu$ ಎಂಬ ರೇಖಾಧಾತುವಿನ ವರ್ಗದ ಬಗೆಗಿನ ಅಚರೋಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ dx_μ ಸ್ವೇಚ್ಛೆಯಾಗಿ ಆಯ ಬಹುದಾದ ಒಂದು ಪ್ರತಿಚರ ಸದಿಶದ ಪಾತ್ರವನ್ನು ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಇದಲ್ಲದೆ $g_{\mu\nu} = g_{\nu\mu}$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, ಹಿಂದಿನ ಪರಿಚ್ಛೇದದಲ್ಲಿ ಮಾಡಿರುವ ಪರಿಶೀಲನೆಯಿಂದ $g_{\mu\nu}$ ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಒಂದು ಸಹಚರ ಟೆನ್ಸರ್ ಎಂಬುದು ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು "ಮೂಲಭೂತ ಟೆನ್ಸರ್" ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಈ ಟೆನ್ಸರಿನ ಕೆಲವು ಗುಣಗಳನ್ನು ನಿಗಮಿಸುತ್ತೇವೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಯಾವುದೇ ಟೆನ್ಸರಿಗೆ ಕೂಡ ಇವು ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಗುರುತ್ವದ ವಿಶಿಷ್ಟ ಪರಿಣಾಮಗಳಲ್ಲಿ ಭೌತಾಧಾರವುಳ್ಳ ನಮ್ಮ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಈ ಮೂಲಭೂತ ಟೆನ್ಸರ್ ವಿಶೇಷ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸುತ್ತದೆಯಾಗಿ ಮುಂದೆ ಅಭಿವರ್ಧಿಸಲಿರುವ ಸಂಬಂಧಗಳು ಮೂಲಭೂತ ಟೆನ್ಸರಿನ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಮುಖ್ಯವಾಗುತ್ತವೆ.

ಪ್ರತಿಚರ ಮೂಲಭೂತ ಟೆನ್ಸರ್ : $g_{\mu\nu}$ ಧಾತುಗಳಾಗಿ ಉಳ್ಳ ನಿರ್ಧಾರಕದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು $g_{\mu\nu}$ ವಿನ ಸಹಾಪವರ್ತನವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದನ್ನು ನಿರ್ಧಾರಕ $g = |\, g_{\mu\nu}\, |$ ವಿನಿಂದ ಭಾಗಿಸಿದರೆ $g^{\mu\nu}\ (= g^{\nu\mu})$ ಎಂಬ ಕೆಲವು ರಾಶಿಗಳು ದೊರೆಯುತ್ತವೆ. ಇವು, ಮುಂದೆ ತೋರಿಸಲಾಗುವಂತೆ, ಒಂದು ಪ್ರತಿಚರ ಟೆನ್ಸರನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತವೆ.

ನಿರ್ಧಾರಕಗಳ ಒಂದು ಪರಿಚಿತ ಗುಣದಿಂದ

$$g_{\mu\sigma}\ g^{\nu\sigma} = \delta_\mu^\nu \qquad \text{....(16)}$$

ಆಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ δ_μ^ν ವು $\mu = \nu$ ಅಥವಾ $\mu \neq \nu$ ಆದಾಗ ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ 1 ಅಥವಾ 0 ಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

ಇದರಿಂದಾಗಿ ds^2 ಕ್ಕೆ ಮೇಲಿನ ಉಕ್ತಿಯ ಬದಲಾಗಿ

$$g_{\mu\sigma}\ \delta_\nu^\sigma\ dx_\mu\ \ dx_\nu$$

ಎಂದು, ಅಥವಾ (16) ರಿಂದ

$$g_{\mu\sigma}\ g_{\nu\tau}\ g^{\sigma\tau}\ dx_\mu\ \ dx_\nu$$

ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದು. ಆದರೆ ಹಿಂದಿನ ಪರಿಚ್ಛೇದಗಳ ಗುಣಾಕಾರವಿಧಿಗಳಿಂದ

$$d\xi_\sigma = g_{\mu\sigma}\ \ dx_\mu$$

ಎಂಬ ರಾಶಿಗಳು ಒಂದು ಸಹಚರ ಚತುಸ್ಸದಿಶವನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತವೆ; ವಾಸ್ತವವಾಗಿ dx_μ ಸ್ವೇಚ್ಛೆಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಇದೊಂದು ಸ್ವೇಚ್ಛಾ ಸದಿಶ. ಇದನ್ನು [ರೇಖಾ ಧಾತುವಿನ ವರ್ಗದ] ಉಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಆದೇಶಿಸಿದಾಗ

$$ds^2 = g^{\sigma\tau}\ d\xi_\sigma\ d\xi_\tau$$

ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ಸದಿಶ $d\xi_\sigma$ ದ ಸ್ವೇಚ್ಛಾ ಆಯ್ಕೆಗೆ ಇದು ಅದಿಶವಾಗಿರುವುದರಿಂದಲೂ $g^{\sigma\tau}$ ಅದರ ವ್ಯಾಖ್ಯೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಸೂಚ್ಯಂಕ σ ಮತ್ತು τ ಗಳಲ್ಲಿ ಸಮಾಂಗೀಯವಾಗಿರುವುದರಿಂದಲೂ, ಹಿಂದಿನ ಪರಿಚ್ಛೇದದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳಿಂದ $g^{\sigma\tau}$ ಒಂದು ಪ್ರತಿಚರ ಟೆನ್ಸರೆಂಬುದು ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ.

ಇದಲ್ಲದೆ δ_μ^ν ಕೂಡ ಒಂದು ಟೆನ್ಸರ್ ಎಂಬುದೂ (16) ರಿಂದ ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಮಿಶ್ರ ಮೂಲಭೂತ ಟೆನ್ಸರೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ಮೂಲಭೂತ ಟೆನ್ಸರಿನ ನಿರ್ಧಾರಕ : ನಿರ್ಧಾರಕಗಳ ಗುಣಾಕಾರ ವಿಧಿಯಿಂದ

$$\left| g_{\mu\alpha}\ g^{\alpha\nu} \right| = \left| g_{\mu\alpha} \right| \times \left| g^{\alpha\nu} \right|$$

ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಲ್ಲದೆ

$$\left|g_{\mu\alpha}\, g^{\alpha\nu}\right| = \left|\delta_{\mu}^{\nu}\right| = 1$$

ಆದ್ದರಿಂದ

$$\left|g_{\mu\nu}\right| \times \left|g^{\mu\nu}\right| = 1 \tag{17}$$

ಎಂಬುದು ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ.

ಗಾತ್ರ ಅಧಿಶ: ಮೊದಲಿಗೆ ನಾವು ನಿರ್ಧಾರಕ $g = |g_{\mu\nu}|$ ವಿನ ಪರಿವರ್ತನ ನಿಯಮವನ್ನು ಅರಸುತ್ತೇವೆ. (11)ರ ಅನುಸಾರ

$$g' = \left|\frac{\partial x_\mu}{\partial x'_\sigma} \quad \frac{\partial x_\nu}{\partial x'_\tau}\, g_{\mu\nu}\right|$$

ಆಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ನಿರ್ಧಾರಕಗಳ ಗುಣಾಕಾರಕ್ಕೆ ಇರುವ ವಿಧಿಯನ್ನು ಎರಡು ಸಲ [ಇದಕ್ಕೆ] ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ

$$g' = \left|\frac{\partial x_\mu}{\partial x'_\sigma}\right| \cdot \left|\frac{\partial x_\nu}{\partial x'_\tau}\right| \cdot \left|g_{\mu\nu}\right| = \left|\frac{\partial x_\mu}{\partial x'_\sigma}\right|^2 g$$

ಎಂಬುದು, ಅಥವಾ

$$\sqrt{g'} = \left|\frac{\partial x_\mu}{\partial x'_\sigma}\right| \sqrt{g}$$

ಎಂಬುದು ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ. ಇದಲ್ಲದೆ ಗಾತ್ರಧಾತು

$$d\tau = \int dx_1\, dx_2\, dx_3\, dx_4$$

ಎಂಬುದರ ಪರಿವರ್ತನನಿಯಮ, ಯಾಕೋಬಿಯ ಪ್ರಮೇಯದ ಪ್ರಕಾರ

$$d\tau' = \left|\frac{\partial x'_\sigma}{\partial x_\mu}\right| d\tau$$

ಆಗುತ್ತದೆ. ಈಗ, ಕೊನೆಯ ಎರಡು ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಗುಣಿಸುವುದರಿಂದ,

$$\sqrt{g'}\, d\tau' = \sqrt{g}\, d\tau \quad \ldots. \tag{18}$$

ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಆಕಾಶ–ಕಾಲ ಸಾತತ್ಯದ ಅತಿಪರವಲಯಕ ಲಕ್ಷಣದಿಂದಾಗಿ ಸದಾ ನೈಜವಾಗಿರುವ $\sqrt{-g}$ ಯನ್ನು ಇನ್ನುಮುಂದೆ $\sqrt{g}$ ಯ ಬದಲಾಗಿ ಪ್ರವೇಶ ಗೊಳಿಸುತ್ತೇವೆ. ಅಚರ $\sqrt{-g d\tau}$ ಎಂಬುದು, ದೃಢ ಸರಳುಗಳಿಂದ ಮತ್ತು ಗಡಿಯಾರ ಗಳಿಂದ ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ಅಳೆಯಲಾದ, "ಸ್ಥಳೀಯ" ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿಯ ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮಗಳ ಗಾತ್ರಧಾತುವಿನ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಆಕಾಶ- ಕಾಲ ಸಾತತ್ಯದ ಲಕ್ಷಣದ ಮೇಲೆ ಟಿಪ್ಪಣಿ : ಅನಂತಸೂಕ್ಷ್ಮ ವಲಯವೊಂದಕ್ಕೆ ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಯಾವಾಗಲೂ ಅನ್ವಯಿಸ ಬಹುದೆಂಬ ನಮ್ಮ ಸ್ವೀಕೃತಭಾವನೆ ds^2ವನ್ನು dX_1, dX_2, dX_3, dX_4 ಎಂಬ ನೈಜರಾಶಿಗಳಿಂದ (1)ರ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಯಾವಾಗಲೂ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದೆಂಬುದನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುತ್ತದೆ. "ಸಹಜ" ಗಾತ್ರಧಾತು $dX_1 dX_2 dX_3 dX_4$ನ್ನು $d\tau_0$ಯಿಂದ ಸೂಚಿಸಿದರೆ ಆಗ

$$d\tau_0 = \sqrt{-g d\tau} \qquad \text{....(18a)}$$

ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮಗಳ ಸಾತತ್ಯದ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ $\sqrt{-g}$ ಶೂನ್ಯ ವಾಗುವುದಾದರೆ, ಆ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಅನಂತಸೂಕ್ಷ್ಮ "ಸಹಜ" ಗಾತ್ರವೊಂದು [ಇತರ] ನಿರ್ದೇಶಕಗಳಲ್ಲಿಯ ಸಾಂತ [ಅನಂತಸೂಕ್ಷ್ಮವಲ್ಲದ] ಗಾತ್ರವೊಂದಕ್ಕೆ ಸಂವಾದಿ ಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಎಂದೂ ಇರದೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಆಗ gಯ ಚಿಹ್ನೆ ಬದಲಾಗದು. ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಇರುವಂತೆ gಗೆ ಯಾವಾಗಲೂ ಒಂದು ಸಾಂತ ಋಣಾತ್ಮಕ ಮೌಲ್ಯವಿರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿ ರುವ ಸಾತತ್ಯದ ಭೌತಸ್ವರೂಪದ ಬಗ್ಗೆ ಇದೊಂದು ಸ್ವೀಕೃತ ಭಾವನೆ, ಮತ್ತು ಅದೇ ವೇಳೆ, ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಆಯ್ಕೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಒಂದು ಸಂಪ್ರದಾಯ ಕೂಡ.

ಹೀಗೆ $-g$ ಯಾವಾಗಲೂ ಸಾಂತ ಮತ್ತು ಧನಾತ್ಮಕವಾಗಿದ್ದರೆ ಸಹಜ ವಾಗಿಯೇ ಈ ರಾಶಿ ಯಾವಾಗಲೂ ಏಕಕಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವಂತೆ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಆಯ್ಕೆಯನ್ನು ಅಪರಭಾವಿಯಾಗಿ ನಿರ್ಣಯಿಸಬಹುದು. ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಆಯ್ಕೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಇಂಥ ಒಂದು ನಿರ್ಬಂಧದಿಂದ ನಿಸರ್ಗನಿಯಮಗಳ [ಸೂತ್ರೀಕರಣದಲ್ಲಿ] ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಸರಳೀಕರಣವನ್ನು ಸಿದ್ಧಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯ ಎಂಬುದನ್ನು ಮುಂದೆ ನೋಡಲಿ ದ್ದೇವೆ.

ಅಂದ ಮೇಲೆ (18)ರ ಜಾಗದಲ್ಲಿ ಕೇವಲ $d\tau' = d\tau$ ಎಂದು ಬರೆದರೆ ಸಾಕು ; ಇದರಿಂದ, ಯಾಕೋಬಿಯ ಪ್ರಮೇಯದ ಕಾರಣವಾಗಿ,

$$\frac{\partial x'\sigma}{\partial x_\mu} = 1 \qquad ....(19)$$

ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಇಂಥ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಆಯ್ಕೆಯನ್ನು ಮಾಡಿದ್ದಾದರೆ [ಅನಂತರ] ನಿರ್ಧಾರಕ ಏಕಕ ಆಗಿರುವಂಥ ಪ್ರತಿಸ್ಥಾಪನೆಗಳು ಮಾತ್ರ ಗ್ರಾಹ್ಯವಾಗುತ್ತವೆ.

ಆದರೆ ಈ ಹೆಜ್ಜೆ, ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕಾಭಿಗೃಹೀತದ ಭಾಗಶಃ ವರ್ಜನೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸುವುದು ಸರಿಯಲ್ಲ. " ನಿರ್ಧಾರಕ ಏಕಕವಾಗಿರುವ ಸಕಲ ಪ್ರತಿಸ್ಥಾಪನೆಗಳಲ್ಲೂ ಸಹಚರವಾಗಿರುವ ನಿಸರ್ಗನಿಯಮಗಳಾವುವು?" ಎಂಬುದಲ್ಲ ನಮ್ಮ ಪ್ರಶ್ನೆ. ಬದಲಿಗೆ "ಸಾರ್ವತ್ರಿಕವಾಗಿ ಸಹಚರವಾಗಿರುವ ನಿಸರ್ಗನಿಯಮಗಳಾವುವು?" ಎಂಬುದು. [ಆದ್ದರಿಂದ] ಈ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಸೂತ್ರೀಕರಿಸುವ ತನಕ, ನಿರ್ದೇಶಕವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಯಾವುದೇ ವಿಶಿಷ್ಟ ಆಯ್ಕೆಯಿಂದ ಇವುಗಳ ಅಭಿವ್ಯಕ್ತಿಯನ್ನು ಸರಳಗೊಳಿಸುವ ಗೋಜಿಗೆ ಹೋಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಮೂಲಭೂತ ಟೆನ್ಸರಿನಿಂದ ಹೊಸ ಟೆನ್ಸರುಗಳ ರೂಪಣೆ : ಮೂಲಭೂತ ಟೆನ್ಸರಿನಿಂದ ಬೇರೊಂದು ಟೆನ್ಸರನ್ನು ಒಳ, ಹೊರ ಮತ್ತು ಮಿಶ್ರಿತ ಗುಣಾಕಾರ ಮಾಡಿದಾಗ ವಿವಿಧ ಲಕ್ಷಣ ಮತ್ತು ದರ್ಜೆಯ ಟೆನ್ಸರುಗಳು ದೊರೆಯುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ

$$A^{\mu} = g^{\mu\sigma} A_{\sigma}$$

$$A = g_{\mu\nu} A^{\mu\nu}$$

ಅಲ್ಲದೆ

$$A^{\mu\nu} = g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta} A_{\alpha\beta}$$

$$A_{\mu\nu} = g_{\mu\alpha} g_{\nu\beta} A^{\alpha\beta}$$

(ಆನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಸಹಚರ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಚರ ಟೆನ್ಸರುಗಳ "ಪೂರಕಗಳು"), ಮತ್ತು

$$B_{\mu\nu} = g_{\mu\nu} g^{\alpha\beta} A_{\alpha\beta}$$

ಎಂಬ ರೂಪಗಳನ್ನು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಗಮನಿಸಬಹುದು. $B_{\mu\nu}$ ವನ್ನು $A_{\mu\nu}$ ವಿನ ಸಹಭಾಗಿಯಾದ ಹ್ರಸ್ವೀಕೃತ ಟೆನ್ಸರೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಇದೇ ರೀತಿ

$$B^{\mu\nu} = g^{\mu\nu} \quad g_{\alpha\beta} \quad A^{\alpha\beta}$$

ಈಗ

$$g^{\mu\alpha} \; g^{\nu\beta} \, g_{\alpha\beta} = g^{\mu\alpha} \, \delta^{\nu}_{\alpha} = g^{\mu\nu}$$

ಆಗಿರುವುದರಿಂದ $g^{\mu\nu}$ ವು $g_{\mu\nu}$ ವಿನ ಪೂರಕವಲ್ಲದೆ ಬೇರೇನೂ ಅಲ್ಲ ಎಂಬುದನು ಗಮನಿಸಬಹುದು.

§ 9 ಭೂರೇಖೆಯ ಸಮೀಕರಣ. ಕಣದ ಚಲನೆ.

ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರದಂತೆ ರೇಖಾಧಾತು ds ನ್ನು ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸಿರುವುದರಿಂದ ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮಗಳ ಸಾತತ್ಯದಲ್ಲಿ, $\int ds$ ಸ್ತಬ್ಧವಾಗಿರುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ, P ಮತ್ತು P' ಎಂಬ ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳ ನಡುವೆ ಎಳೆದ ರೇಖೆಗೆ ಅಂದರೆ ಒಂದು ಭೂರೇಖೆಗೆ, ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರದ ಒಂದು ಅರ್ಥ ಉಂಟು. ಇದರ ಸಮೀಕರಣ

$$\delta \int_{P}^{P'} ds = 0 \qquad \cdots (20)$$

ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಎಂದಿನಂತೆ ಈ ಸಮೀಕರಣದ ಮೇಲೆ ವಿಚರಣ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ನಡೆಸಿದಾಗ ಭೂರೇಖೆಯನ್ನು ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸುವ ನಾಲ್ಕು ಅವಕಲ ಸಮೀಕರಣಗಳು ಲಭಿಸುತ್ತವೆ ; ಪೂರ್ಣತೆಯ ಸಲುವಾಗಿ ಈ ಪರಿಕರ್ಮವನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಲಾಗಿದೆ. λ ವು ನಿರ್ದೇಶಕ x_ν ಗಳ ಒಂದು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿರಲಿ. ಅಪೇಕ್ಷಿತ ಭೂರೇಖೆಯನ್ನೂ ಇದಕ್ಕೆ ಸನ್ನಿಕಟಾಸನ್ನತೆಯಲ್ಲಿರುವಂತೆ P ಮತ್ತು P' ಬಿಂದುಗಳ ಮೂಲಕ ಎಳೆದ ಎಲ್ಲ ರೇಖೆಗಳನ್ನೂ ಛೇದಿಸುವ ತಲಗಳ ಒಂದು ಕುಟುಂಬವನ್ನು ಇದು ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸಲಿ ಆಗ ಇಂಥ ಯಾವುದೇ ರೇಖೆ ಅದರ ಮೇಲೆ ನಿರ್ದೇಶಕ x_ν ಗಳನ್ನು λ ದ ಉತ್ಪನ್ನಗಳಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸುವುದರಿಂದ ಲಭಿಸುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಅಪೇಕ್ಷಿತ ಭೂರೇಖೆಯ ಮೇಲಿನ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಸನಿಹದ ರೇಖೆಯ ಮೇಲಿನ ಅದೇ λ ಕ್ಕೆ

ಸಂವಾದಿಯಾದ ಬಿಂದುವಿಗೆ ಒಯ್ಯುವ ಸಂಕ್ರಮಣವನ್ನು ಪ್ರತೀಕ δ ಸೂಚಿಸಲಿ. ಆಗ (20)ನ್ನು

$$\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \delta\,\omega\,d\lambda = 0; \quad \omega^2 = g_{\mu\nu}\,\frac{dx_\mu}{d\lambda}\,\frac{dx_\nu}{d\lambda} \qquad (20a)$$

ಎಂದು ಬದಲಿಸಿ ಬರೆಯಬಹುದು. ಆದರೆ

$$\delta\omega = \frac{1}{\omega}\left\{\frac{1}{2}\,\frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_\sigma}\,\frac{dx_\mu}{d\lambda}\,\frac{dx_\nu}{d\lambda}\,\delta x_\sigma + g_{\mu\nu}\,\frac{dx_\mu}{d\lambda}\,\delta\left(\frac{dx_\nu}{d\lambda}\right)\right\},$$

ಮತ್ತು

$$\delta\left(\frac{dx_\nu}{d\lambda}\right) = \frac{d}{d\lambda}\left(\delta x_\nu\right)$$

ಆಗಿರುವುದರಿಂದ (20a) ಯಿಂದ, ಆಂಶಿಕಾನುಕಲನದ ತರುವಾಯ,

$$\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} K_\sigma\,\delta x_\sigma\,d\lambda = 0$$

ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ

$$K_\sigma = \frac{d}{d\lambda}\left\{\frac{g_{\sigma\nu}}{\omega}\,\frac{dx_\nu}{d\lambda}\right\} - \frac{1}{2\omega}\,\frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_\sigma}\,\frac{dx_\mu}{d\lambda}\,\frac{dx_\nu}{d\lambda} \qquad \ldots (20b)$$

ಆಗಿದೆ. ಮೇಲಿನ ಅನುಕಲದಲ್ಲಿ δx_σ ದ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಸ್ವೇಚ್ಛೆಯವಾಗಿರುವುದರಿಂದ

$$K_\sigma = 0 \qquad \ldots (20c)$$

ಭೂರೇಖೆಯ ಸಮೀಕರಣಗಳೆನ್ನುವುದು ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ.

ಭೂರೇಖೆಯೊಂದರ ನೇರ ds ಶೂನ್ಯವಾಗದಿದ್ದರೆ, ಅದರ ನೇರ ಅಳೆದ

"ಕಂಸದ ಉದ್ದ" s ನ್ನು ಪ್ರಾಚಲ λವಾಗಿ ಆಯಬಹುದು. ಆಗ $\omega=1$ ಆಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು (20c)ಯ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ

$$g_{\mu\nu}\frac{d^2x_\mu}{ds^2}+\frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_\sigma}\frac{dx_\sigma}{ds}\frac{dx_\mu}{ds}-\frac{1}{2}\frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_\sigma}\frac{dx_\mu}{ds}\frac{dx_\nu}{ds}=0$$

ಎಂಬುದು, ಅಥವಾ ಕೇವಲ ಸಂಕೇತೀಕರಣದ ಬದಲಾವಣೆಯಿಂದ

$$g_{\alpha\sigma}\frac{d^2x_\alpha}{ds^2}+\left[\mu\nu,\sigma\right]\frac{dx_\mu}{ds}\frac{dx_\nu}{ds}=0 \qquad \text{.... (20d)}$$

ಎಂಬುದು ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಕ್ರಿಸ್ಟೊಫಲ್‌ನನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ

$$\left[\mu\nu,\sigma\right]=\frac{1}{2}\left(\frac{\partial g_{\mu\sigma}}{\partial x_\nu}+\frac{\partial g_{\nu\sigma}}{\partial x_\mu}-\frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_\sigma}\right) \qquad \text{.... (21)}$$

ಎಂದು ಬರೆದಿದ್ದೇವೆ. ಅಂತಿಮವಾಗಿ, (20d)ಯನ್ನು $g^{\sigma\tau}$ ವಿನಿಂದ ಗುಣಿಸಿದ್ದಾದರೆ (τ ವನ್ನು ಕುರಿತು ಹೊರಗುಣಾಕಾರ, σ ವನ್ನು ಕುರಿತು ಒಳಗುಣಾಕಾರ) ಭೂರೇಖೆಯ ಸಮೀಕರಣಗಳು

$$\frac{d^2x_\tau}{ds^2}+\left\{\mu\nu,\tau\right\}\frac{dx_\mu}{ds}\frac{dx_\nu}{ds}=0 \qquad \text{.... (22)}$$

ಎಂಬ ರೂಪದಲ್ಲಿ ದೊರೆಯುತ್ತವೆ. ಇಲ್ಲಿ ಕ್ರಿಸ್ಟೊಫಲ್‌ನನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ

$$\left\{\mu\nu,\tau\right\}=g^{\tau\alpha}\left[\mu\nu,\alpha\right] \qquad \text{.... (23)}$$

ಎಂದು ಬರೆದಿದ್ದೇವೆ.

§ 10 ಅವಕಲನದಿಂದ ಟೆನ್ಸರುಗಳ ರೂಪಣೆ

ಭೂರೇಖೆಯ ಸಮೀಕರಣದ ನೆರವು ಪಡೆದು ಹಳೆಯ ಟೆನ್ಸರುಗಳನ್ನು ಅವಕಲಿಸಿ ಹೊಸ ಟೆನ್ಸರುಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸುವ ನಿಯಮಗಳೇನೆಂಬುದನ್ನು ಈಗ ಸುಲಭ

ವಾಗಿ ನಿಗಮಿಸಬಹುದು. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಈಗ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕವಾಗಿ ಸಹಚರವಾಗಿರುವ ಅವಕಲ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಮುಂದೆ ಕಾಣುವ ಸರಳ ನಿಯಮವನ್ನು ಮತ್ತೆ ಮತ್ತೆ ಅನ್ವಯಿಸುವುದರಿಂದ ಈ ಗುರಿಯನ್ನು ತಲಪುತ್ತೇವೆ:

ನಮ್ಮ ಸಾತತ್ಯದಲ್ಲಿ ಒಂದು ರೇಖೆ ದತ್ತವಾಗಿದ್ದು ಅದರ ಮೇಲಿನ ಸ್ಥಿರಬಿಂದುವೊಂದರಿಂದ ಆ ರೇಖೆಯ ನೇರ ಅಳೆದ ಕಂಸದೂರ s ಅದರ ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸಲಿ. ಆಗ ϕ ಎಂಬುದು ಆಕಾಶದ ಒಂದು ಅಚರೋತ್ಪನ್ನವಾಗಿದ್ದರೆ $d\phi/ds$ ಕೂಡ ಒಂದು ಅಚರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಸಾಧನೆ ds ನಂತೆ $d\phi$ ಕೂಡ ಅಚರವಾಗಿರುವುದರಲ್ಲೇ ಇದೆ.

ಈಗ

$$\frac{d\phi}{ds} = \frac{\partial\phi}{\partial x_\mu} \quad \frac{dx_\mu}{ds}$$

ಆಗಿರುವುದಿಂದ

$$\psi = \frac{\partial\phi}{\partial x_\mu} \quad \frac{dx_\mu}{ds}$$

ಕೂಡ ಒಂದು ಅಚರವಾಗಿದೆ ; ಮತ್ತು ಇದು ಸಾತತ್ಯದ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಹೊಮ್ಮುವ ಎಲ್ಲ ರೇಖೆಗಳಿಗೂ, ಅಂದರೆ ಸದಿಶ dx_μ ವಿನ ಯಾವುದೇ ಆಯ್ಕೆಗೂ, ಒಂದು ಆಚರವಾಗಿದೆ. ಎಂದೇ ϕ ಯ ‘‘ ಓಟ ’’

$$A_\mu = \frac{\partial\phi}{\partial x_\mu} \qquad \text{.... (24)}$$

ಒಂದು ಸಹಚರ ಚತುಸ್ಸದಿಶವೆಂಬುದು ಒಡನೆ ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ.

ನಮ್ಮ ವಿಧಿಯ ಪ್ರಕಾರ ರೇಖೆಯೊಂದರ ಮೇಲೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡ ಅವಕಲನಾಂಕ

$$\chi = \frac{d\psi}{ds}$$

ಕೂಡ ಇದೇ ರೀತಿ ಅಚರವಾಗಿದೆ. [ಮೇಲೆ ಕಾಣಿಸಿರುವ] ψಯ ಉಕ್ತಿಯನ್ನು ಇದರಲ್ಲಿ ಆದೇಶಿಸಿದಾಗ ಮೊದಲಿಗೆ

$$x = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x_\mu \partial x_\nu} \frac{dx_\mu}{ds} \frac{dx_\nu}{ds} + \frac{\partial \phi}{\partial x_\mu} \frac{d^2 x_\mu}{ds^2}$$

ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಲೇ ಟೆನ್ಸರೊಂದರ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ನಿಗಮಿಸಲು ಆಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಯಾವ ರೇಖೆಯ ನೇರ ಅವಕಲಿಸಿರುವೆವೊ ಅದನ್ನು ಭೂರೇಖೆಯೆಂದು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು (22)ರಿಂದ d^2x_μ/ds^2 ಕ್ಕೆ ಆದೇಶಿಸಿದರೆ

$$x = \left(\frac{\partial^2 \phi}{\partial x_\mu \, \partial x_\nu} - \left\{ \mu\nu, \tau \right\} \frac{\partial \phi}{\partial x_\tau} \right) \frac{dx_\mu}{ds} \frac{dx_\nu}{ds}$$

ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಅವಕಲನಗಳ ಕ್ರಮವನ್ನು ಅದಲುಬದಲಿಸಬಹುದಾದ್ದರಿಂದಲೂ (23) ಮತ್ತು (21)ರ ಕಾರಣವಾಗಿ $\{\mu\nu, \tau\}$ವು μ ಮತ್ತು ν ಗಳಲ್ಲಿ ಸಮಾಂಗೀಯವಾಗಿರುವುದರಿಂದಲೂ ಆವರಣಗಳೊಳಗಿರುವ ಉಕ್ತಿ μ ಮತ್ತು νಗಳಲ್ಲಿ ಸಮಾಂಗೀಯವಾಗಿದೆಯೆಂಬುದು ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ. ಈಗ ಸಾತತ್ಯದ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಯಾವುದೇ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಭೂರೇಖೆಯನ್ನು ಎಳೆಯಬಹುದಾದ್ದರಿಂದಲೂ ತತ್ಕಾರಣವಾಗಿ dx_μ/ds ತನ್ನ ಘಟಕಗಳ ನಿಷ್ಪತ್ತಿ ಸ್ವೇಚ್ಛೆಯಾಗಿ ಉಳ್ಳ ಒಂದು ಚತುಸ್ಸದಿಶವಾಗಿರುವುದರಿಂದಲೂ, §7ರ ಫಲಿತಾಂಶಗಳಿಂದ,

$$A_{\mu\nu} = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x_\mu \, \partial x_\nu} - \left\{ \mu\nu, \tau \right\} \frac{\partial \phi}{\partial x_\tau} \qquad \text{.... (25)}$$

ಎಂಬುದು ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಒಂದು ಟೆನ್ಸರೆಂದು ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಫಲಿತಾಂಶಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತೇವೆ :

$$A_\mu = \frac{\partial \phi}{\partial x_\mu}$$

ಎಂಬ ಮೊದಲ ದರ್ಜೆಯ ಸಹಚರ ಟೆನ್ಸರಿನಿಂದ, ಅವಕಲಿಸಿ,

$$A_{\mu\nu} = \frac{\partial A_\mu}{\partial x_\nu} - \left\{ \mu\nu, \tau \right\} A_\tau \qquad \text{....(26)}$$

ಎಂಬ ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಸಹಚರ ಟೆನ್ಸರನ್ನು ರೂಪಿಸಬಹುದು. ಟೆನ್ಸರ್ $A_{\mu\nu}$ವನ್ನು ಟೆನ್ಸರ್ A_μ ವಿನ "ವಿಸ್ತರಣೆ" (ಸಹಚರ ನಿಷ್ಪನ್ನ) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಮೊದಲನೆಯದಾಗಿ ಸದಿಶ A_μವನ್ನು ಒಂದು ಓಟವಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗ

ದಾಗಲೂ ಈ ಪರಿಕರ್ಮದಿಂದ ಒಂದು ಟೆನ್ಸರ್ ಲಭಿಸುವುದೆಂದು ಸುಲಭವಾಗಿ ತೋರಿಸಬಹುದು. ಇದನ್ನು ತಿಳಿಯಲು, ಮೊದಲಿಗೆ, ψ ಮತ್ತು ϕ ಅದಿಶಗಳಾದರೆ,

$$\psi \frac{\partial \phi}{\partial x_\mu}$$

ಒಂದು ಸಹಚರ ಸದಿಶವೆಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸುತ್ತೇವೆ. $\psi,^{(1)}, \phi^{(1)}, \ldots, \psi^{(4)}$, ϕ^4 ಅದಿಶಗಳಾದರೆ ಈ ಮೇಲಿನದರಂಥ ನಾಲ್ಕು ಪದಗಳ ಮೊತ್ತ

$$S_\mu = \psi^{(1)} \frac{\partial \phi^{(1)}}{\partial x_\mu} + \cdots + \psi^{(4)} \frac{\partial \phi^{(4)}}{\partial x_\mu}$$

ಕೂಡ ಒಂದು ಸಹಚರ ಸದಿಶವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಯಾವುದೇ ಸಹಚರ ಸದಿಶ ವನ್ನು S_μ ರೂಪದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. A_μ ಒಂದು ಸದಿಶವಾಗಿದ್ದು ಅದರ ಘಟಕಗಳು x_ν ವಿನ ಯಾವುದೇ ದತ್ತ ಉತ್ಪನ್ನಗಳಾಗಿದ್ದರೆ, S_μ ವು A_μ ವಿಗೆ ಸಮವಾಗುವುದನ್ನು ದೃಢಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು (ಆಯ್ದ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ) ಈ ಮುಂದಿನಂತೆ ಬರೆದರೆ ಸಾಕು :

$$\psi^{(1)} = A_1, \quad \phi^{(1)} = x_1$$

$$\psi^{(2)} = A_2, \quad \phi^{(2)} = x_2$$

$$\psi^{(3)} = A_3, \quad \phi^{(3)} = x_3$$

$$\psi^{(4)} = A_4, \quad \phi^{(4)} = x_4$$

ಆದ್ದರಿಂದ, A_μ ವಿನ ಬಲಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿ, ಯಾವುದೇ ಸಹಚರ ಸದಿಶವನ್ನು ಆದೇಶಿ ಸಿದರೂ $A_{\mu\nu}$ ಒಂದು ಟೆನ್ಸರಾಗುವುದೆಂದು ಸಾಧಿಸಲು ಸದಿಶ S_μ ವಿಗೆ ಇದು ನಿಜ ವೆಂದು ತೋರಿಸುವುದಷ್ಟೇ ಸಾಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಈ ಎರಡನೆಯ ಉದ್ದೇಶಕ್ಕಾಗಿ

$$A_\mu = \psi \frac{\partial \phi}{\partial x_\mu}$$

ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಸಾಧನೆ ಒದಗಿಸಿದರೆ ಸಾಕೆನ್ನುವುದು (26)ರ ಬಲಪಾರ್ಶ್ವದ ಮೇಲೆ ಒಮ್ಮೆ ಕಣ್ಣು ಹಾಯಿಸಿದಾಗ ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. ಈಗ (25)ರ ಬಲಪಾರ್ಶ್ವವನ್ನು ψನಿಂದ ಗುಣಿಸಿದಾಗ ದೊರೆಯುವ

$$\psi \frac{\partial^2 \phi}{\partial x_\mu \partial x_\nu} - \{\mu\nu, \tau\} \psi \frac{\partial \phi}{\partial x_\tau}$$

ಎಂಬುದು ಒಂದು ಟೆನ್ಸರ್. ಇದೇ ರೀತಿ

$$\frac{\partial \psi}{\partial x_\mu} \quad \frac{\partial \phi}{\partial x_\nu}$$

ಎಂಬುದು ಎರಡು ಸದಿಶಗಳ ಹೊರ ಗುಣಲಬ್ಧವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಒಂದು ಟೆನ್ಸರಾಗಿರುತ್ತದೆ. [ಈ ಎರಡು ಟೆನ್ಸರುಗಳನ್ನು] ಸಂಕಲನ ಮಾಡುವುದರಿಂದ

$$\frac{\partial}{\partial x_\nu}\left(\psi \frac{\partial \phi}{\partial x_\mu}\right) - \{\mu\nu, \tau\}\left(\psi \frac{\partial \phi}{\partial x_\tau}\right)$$

ಎಂಬುದರ ಟೆನ್ಸಲ್ ಲಕ್ಷಣ ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ. (26)ರ ಮೇಲೆ ದೃಷ್ಟಿ ಹರಿಸಿದಾಗ ತಿಳಿದುಬರುವಂತೆ ಇದು

$$\psi \frac{\partial \phi}{\partial x_\mu}$$

ಎಂಬ ಸದಿಶಕ್ಕೂ, ಮತ್ತು ತತ್ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಹಿಂದೆಯೇ ಸಾಧಿಸಿರುವಂತೆ, ಯಾವುದೇ ಸದಿಶ A_μ ವಿಗೂ [$A_{\mu\nu}$ ಒಂದು ಟೆನ್ಸರ್ ಎಂಬುದರ] ಸಾಧನೆ ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ.

ಸದಿಶದ ವಿಸ್ತರಣೆಯ ಮೂಲಕ ಯಾವುದೇ ದರ್ಜೆಯ ಸಹಚರ ಸದಿಶದ "ವಿಸ್ತರಣೆ"ಯನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸಬಹುದು. ಈ ಪರಿಕರ್ಮ ಸದಿಶದ ವಿಸ್ತರಣೆಯ ಒಂದು ಸಾರ್ವತ್ರೀಕರಣವಾಗಿದೆ. [ಈ ವಿಸ್ತರಣೆಯ] ರೂಪಣ ನಿಯಮದ ಬಗ್ಗೆ ಸ್ಪಷ್ಟ ಕಲ್ಪನೆ ಮಾಡಲು ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಟೆನ್ಸರಿನ ಸಂದರ್ಭ ಸಾಕಾಗುವುದರಿಂದ ನಮ್ಮ ಚರ್ಚೆಯನ್ನು ಅದಕ್ಕೆ ಸೀಮಿತಗೊಳಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಈಗಾಗಲೇ ಗಮನಿಸಿರುವಂತೆ ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಯಾವುದೇ ಸಹಚರ

ಟೆನ್ಸರನ್ನು $A_\mu B_\nu$ ಪ್ರರೂಪದ ಟೆನ್ಸರುಗಳ ಮೊತ್ತವಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು.* ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ವಿಶೇಷ ಪ್ರರೂಪದ ಒಂದು ಟೆನ್ಸರಿನ ವಿಸ್ತರಣೆಗೆ ಉಕ್ತಿಯನ್ನು ನಿಗಮಿಸುವುದು ಸಾಕಾಗುತ್ತದೆ. (26)ರಿಂದ

$$\frac{\partial A_\mu}{\partial x_\sigma} - \left\{\sigma\mu, \tau\right\} A_\tau$$

$$\frac{\partial B_\nu}{\partial x_\sigma} - \left\{\sigma\nu, \tau\right\} B_\tau$$

ಎಂಬ ಉಕ್ತಿಗಳು ಎರಡು ಟೆನ್ಸರುಗಳಾಗಿವೆ. ಮೊದಲನೆಯದನ್ನು B_ν ವಿನಿಂದಲೂ ಎರಡನೆಯದನ್ನು A_μ ವಿನಿಂದಲೂ ಹೊರಗುಣಿಸಿದಾಗ ಉಭಯ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮೂರನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಒಂದು ಟೆನ್ಸರ್ ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ಇವನ್ನು ಸಂಕಲಿಸಿದಾಗ ಮೂರನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಟೆನ್ಸರ್

$$A_{\mu\nu\sigma} = \frac{\partial A_{\mu\nu}}{\partial x_\sigma} - \left\{\sigma\mu, \tau\right\} A_{\tau\nu} - \left\{\sigma\nu, \tau\right\} A_{\mu\tau} \quad \dots (27)$$

ದೊರೆಯುತ್ತದೆ ; ಇಲ್ಲಿ $A_{\mu\nu} = A_\mu B_\nu$ ಎಂದು ಬರೆದಿದ್ದೇವೆ. (27)ರ ಬಲಪಾರ್ಶ್ವ $A_{\mu\nu}$ಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಪ್ರಥಮ ನಿಷ್ಪನ್ನಗಳಲ್ಲಿ ರೇಖೀಯವೂ ಸಮಘಾತೀಯವೂ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ಈ ರೂಪಣನಿಯಮ, $A_\mu B_\nu$ ಪ್ರರೂಪದ ಒಂದು ಟೆನ್ಸರನ್ನು ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ ಇಂಥ ಟೆನ್ಸರುಗಳ ಒಂದು ಮೊತ್ತವನ್ನು ಕೂಡ— ಅಂದರೆ ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಯಾವುದೇ ಸಹಚರ ಟೆನ್ಸರನ್ನು ಕೂಡ—ಒಂದು ಟೆನ್ಸರಿನತ್ತ ಒಯ್ಯುತ್ತದೆ. $A_{\mu\nu\sigma}$ವನ್ನು ಟೆನ್ಸರ್ $A_{\mu\nu}$ ವಿನ ವಿಸ್ತರಣೆ ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ.

---

* ಸ್ವೇಚ್ಛಾಘಟಕಗಳು A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{14} ಇರುವ ಸದಿಶವನ್ನು ಘಟಕಗಳು 1, 0, 0, 0 ಇರುವ ಸದಿಶದೊಡನೆ ಹೊರಗುಣಾಕಾರ ಮಾಡುವುದರಿಂದ

$$\begin{matrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} & A_{14} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix}$$

ಎಂಬ ಘಟಕಗಳಿರುವ ಒಂದು ಟೆನ್ಸರನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. ನಿಗದಿಮಾಡಿದ ಯಾವುದೇ ಘಟಕಗಳಿರುವ ಟೆನ್ಸರ್ $A_{\mu\nu}$ ವನ್ನು ಈ ಮೇಲಿನ ಪ್ರರೂಪದ ನಾಲ್ಕು ಟೆನ್ಸರುಗಳ ಸಂಕಲನದಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದು.

(26) ಮತ್ತು (24) ವಿಸ್ತರಣೆಯ ವಿಶೇಷ ಸಂದರ್ಭಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಕುರಿತು ಇವೆ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ. (ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ದರ್ಜೆ ಒಂದು ಮತ್ತು ಶೂನ್ಯ ಇರುವ ಟೆನ್ಸರುಗಳ ವಿಸ್ತರಣೆ).

ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ, ಟೆನ್ಸರುಗಳ ರೂಪಣೆಯ ಎಲ್ಲ ವಿಶೇಷ ನಿಯಮಗಳೂ ಗುಣಾಕಾರದ ಸಹಿತ (27)ರಲ್ಲಿ ಅಡಕವಾಗಿವೆ.

§ 11 ವಿಶೇಷ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯವಿರುವ ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳು

ಮೂಲಭೂತ ಟೆನ್ಸರ್ : ಮುಂದಕ್ಕೆ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಲಿರುವ ಕೆಲವು ಉಪ ಪ್ರಮೇಯಗಳನ್ನು ಮೊದಲು ಸಾಧಿಸುತ್ತೇವೆ. ನಿರ್ಧಾರಗಳ ಅವಕಲನವನ್ನು ಕುರಿತು ಇರುವ ವಿಧಿಯಿಂದ

$$dg = g^{\mu\nu}\, g\, d\, g_{\mu\nu} = -g_{\mu\nu}\, g\, dg^{\mu\nu} \quad \ldots (28)$$

ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಈಗ $g_{\mu\nu}\; g^{\mu\prime\nu} = \delta_{\mu}^{\mu'}$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ $g_{\mu\nu} g^{\mu\nu} = 4$ ಮತ್ತು ಈ ಕಾರಣವಾಗಿ

$$g_{\mu\nu}\; dg^{\mu\nu} + g^{\mu\nu}\; dg_{\mu\nu} = 0$$

ಆಗುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, (28)ರಲ್ಲಿಯ ಕೊನೆಯ ಸದಸ್ಯ ಅದರ ಹಿಂದಿನದರಿಂದ ಉಪಲಬ್ಧವಾಗುತ್ತದೆ.

(28) ರಿಂದ

$$\frac{1}{\sqrt{-g}}\;\frac{\partial\sqrt{-g}}{\partial x_\sigma} = \frac{1}{2}\;\frac{\partial \log(-g)}{\partial x_\sigma} = \frac{1}{2}\; g^{\mu\nu}\;\frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_\sigma}$$
$$= -\frac{1}{2}\; g_{\mu\nu}\;\frac{\partial g^{\mu\nu}}{\partial x_\sigma} \quad \ldots (29)$$

ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲದೆ $g_{\mu\sigma}\, g^{\nu\sigma} = \delta_{\mu}^{\nu}$ ವನ್ನು ಅವಕಲಿಸಿದಾಗ

$$g_{\mu\sigma}\, dg^{\nu\sigma} = -g^{\nu\sigma}\, dg_{\mu\sigma}$$

$$g_{\mu\sigma}\frac{\partial g^{\nu\sigma}}{\partial x_\lambda} = -g^{\nu\sigma}\,\frac{\partial g_{\mu\sigma}}{\partial x_\lambda} \quad \ldots (30)$$

ಅನುಗತಿಸುತ್ತವೆ. ಇವನ್ನು $g^{\mu\tau}$ ನಿಂದ ಮಿಶ್ರಿತ ಗುಣಾಕಾರಮಾಡಿ ಸೂಚ್ಯಂಕಗಳ ಸಂಕೇತೀಕರಣವನ್ನು ಬದಲಾವಣೆ ಮಾಡಿದಾಗ

$$dg^{\mu\nu} = -g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta} dg_{\alpha\beta} \qquad \ldots(31)$$

$$\frac{\partial g^{\mu\nu}}{\partial x_\sigma} = -g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta} \frac{\partial g_{\alpha\beta}}{\partial x_\sigma}$$

ಎಂಬವೂ, $g_{\nu\tau}$ ನಿಂದ ಮಿಶ್ರಿತ ಗುಣಾಕಾರವಗಾಡಿ ಸೂಚ್ಯಂಕಗಳನ್ನು ಬದಲಿಸುವುದರಿಂದ

$$dg_{\mu\nu} = -g_{\mu\alpha} g_{\nu\beta} dg^{\alpha\beta}$$

$$\frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_\sigma} = -g_{\mu\alpha} g_{\nu\beta} \frac{\partial g^{\alpha\beta}}{\partial x_\sigma} \qquad \ldots(32)$$

ಎಂಬವೂ ಲಭಿಸುತ್ತವೆ. ಸಂಬಂಧ (31) ನಾವು ಪದೇ ಪದೇ ಬಳಸಬೇಕಾಗುವ ಅದರ ಒಂದು ರೂಪಾಂತರಕ್ಕೆ ಅವಕಾಶವೀಯುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ (21)ರ ಪ್ರಕಾರ

$$\frac{\partial g_{\alpha\beta}}{\partial x_\sigma} = [\alpha\sigma, \beta] + [\beta\sigma, \alpha] \qquad \ldots(33)$$

ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು (31)ರ ಎರಡನೆಯ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ ಆದೇಶಿಸಿದರೆ, (23)ರ ಕಾರಣವಾಗಿ

$$\frac{\partial g^{\mu\nu}}{\partial x_\sigma} = -g^{\mu\tau}\{\tau\sigma, \nu\} - g^{\nu\tau}\{\tau\sigma, \mu\} \qquad (34)$$

ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಈಗ (29)ರಲ್ಲಿ (34)ರ ಬಲಪಾರ್ಶ್ವವನ್ನು ಆದೇಶಿಸಿದರೆ

$$\frac{1}{\sqrt{-g}} \frac{\partial \sqrt{-g}}{\partial x_\sigma} = \{\mu\sigma, \mu\} \qquad \ldots(29a)$$

[ಎಂಬ ನಮಗೆ ಬೇಕಾದ ಸೂತ್ರ] ಲಭಿಸುತ್ತದೆ.

ಪ್ರತಿಚರ ಸದಿಶದ ''ಅಪಸರಣೆ'' ಪ್ರತಿಚರ ಮೂಲಭೂತ ಟೆನ್ಸರ್ $g^{\mu\nu}$ ವಿನಿಂದ (26)ರ ಒಳಗುಣಲಬ್ಧವನ್ನು ಪಡೆದದ್ದಾದರೆ, ಅದರ ಬಲಪಾರ್ಶ್ವ, ಮೊದಲ ಪದದ ಒಂದು ರೂಪಾಂತರದ ಬಳಿಕ

$$\frac{\partial}{\partial x_\nu}\left(g^{\mu\nu} A_\mu\right) - A_\mu \frac{\partial g^{\mu\nu}}{\partial x_\nu} - \frac{1}{2} g^{\tau\alpha} \times$$

$$\left(\frac{\partial g_{\mu\alpha}}{\partial x_\nu} + \frac{\partial g_{\nu\alpha}}{\partial x_\mu} - \frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_\alpha}\right) g^{\mu\nu} A_\tau$$

ಎಂಬ ರೂಪವನ್ನು ತಳೆಯುತ್ತದೆ. (31) ಮತ್ತು (29)ಗಳಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಈ ಉಕ್ತಿಯ ಕೊನೆಯ ಪದವನ್ನು

$$\frac{1}{2} \frac{\partial g^{\tau\nu}}{\partial x_\nu} A_\tau + \frac{1}{2} \frac{\partial g^{\tau\mu}}{\partial x_\mu} A_\tau + \frac{1}{\sqrt{-g}} \frac{\partial \sqrt{-g}}{\partial x_\alpha} g^{\tau\alpha} A_\tau$$

ಎಂಬುದಾಗಿ ಬರೆಯಬಹುದು. ಸಂಕಲನದ ಸೂಚ್ಯಂಕಗಳ ಪ್ರತೀಕಗಳು ಮುಖ್ಯವಲ್ಲವಾದ್ದರಿಂದ ಈ ಉಕ್ತಿಯ ಮೊದಲ ಎರಡು ಪದಗಳು ಹಿಂದಿನ ಉಕ್ತಿಯ ಎರಡನೆಯ ಪದವನ್ನು ರದ್ದುಗೊಳಿಸುತ್ತವೆ. ಈಗ $g^{\mu\nu} A_\mu = A^\nu$ ಎಂದು ಬರೆದದ್ದಾದರೆ A^ν ವು A_μ ವಿನಂತೆ ಒಂದು ಸ್ವೇಚ್ಛಾಸದಿಶವಾಗುತ್ತದೆ; ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಅಂತಿಮವಾಗಿ

$$\Phi = \frac{1}{\sqrt{-g}} \frac{\partial}{\partial x_\nu}\left(\sqrt{-g}\, A^\nu\right) \qquad \text{.... (35)}$$

ಎಂಬ ಅದಿಶ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಈ ಅದಿಶವೇ ಪ್ರತಿಚರ ಸದಿಶ A^ν ವಿನ ಅಪಸರಣೆ.

ಸಹಚರ ಸದಿಶದ ''ಕರ್ಲ್''. (26)ರಲ್ಲಿಯ ಎರಡನೆಯ ಪದ ಸೂಚ್ಯಂಕ μ ಮತ್ತು νಗಳಲ್ಲಿ ಸಮಾಂಗೀಯವಾಗಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ $A_{\mu\nu} - A_{\nu\mu}$ ಎಂಬುದು ಬಲು ಸರಳರೀತಿಯಲ್ಲಿ ರಚಿತವಾದ ಒಂದು ಪ್ರತಿಸಮಾಂಗೀಯ ಟೆನ್ಸರ್. ಹೀಗೆ ನಮಗೆ [ಸಹಚರಸದಿಶ A_μ ವಿನ 'ಕರ್ಲ್']

$$B_{\mu\nu} = \frac{\partial A_\mu}{\partial x_\nu} - \frac{\partial A_\nu}{\partial x_\mu} \qquad \text{.... (36)}$$

ಲಭಿಸುತ್ತದೆ.

ಷಟ್ಸದಿಶದ ಪ್ರತಿಸಮಾಂಗೀಯ ವಿಸ್ತರಣೆ. ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಪ್ರತಿಸಮಾಂಗೀಯ ಟೆನ್ಸರ್ $A_{\mu\nu}$ ವಿಗೆ (27)ನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿ, ಜೊತೆಗೆ ಸೂಚ್ಯಂಕಗಳ

ಚಕ್ರೀಯ ಕ್ರಮಚಯಗಳಿಂದ ಉದ್ಭವಿಸುವ ಇನ್ನೆರಡು ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸಿ ಬಳಿಕ ಈ ಮೂರು ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನೂ ಕೂಡುವುದರಿಂದ

$$B_{\mu\nu\sigma} = A_{\mu\nu\sigma} + A_{\nu\sigma\mu} + A_{\sigma\mu\nu}$$
$$= \frac{\partial A_{\mu\nu}}{\partial x_\sigma} + \frac{\partial A_{\nu\sigma}}{\partial x_\mu} + \frac{\partial A_{\sigma\mu}}{\partial x_\nu} \quad \text{.... (37)}$$

ಎಂಬ ಮೂರನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಟೆನ್ಸರನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. ಇದು ಪ್ರತಿಸಮಾಂಗೀಯವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಸಾಧಿಸುವುದು ಸುಲಭ.

ಷಟ್ಸದಿಶದ ಅಪಸರಣೆ. $g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta}$ ದಿಂದ (27)ರ ಮಿಶ್ರಿತ ಗುಣಲಬ್ಧವನ್ನು ಪಡೆದಾಗಲೂ ಒಂದು ಟೆನ್ಸರ್ ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ಆಗ (27)ರ ಬಲಪಾರ್ಶ್ವದ ಮೊದಲ ಪದವನ್ನು

$$\frac{\partial}{\partial x_\sigma}\left(g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta} A_{\mu\nu}\right) - g^{\mu\alpha} \frac{\partial g^{\nu\beta}}{\partial x_\sigma} A_{\mu\nu} - g^{\nu\beta} \frac{\partial g^{\mu\alpha}}{\partial x_\sigma} A_{\mu\nu}$$

ಎಂಬ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬರೆಯಬಹುದು. $g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta} A_{\mu\nu\sigma}$ ವನ್ನು $A_\sigma^{\alpha\beta}$ ಎಂದೂ $g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta} A_{\mu\nu}$ ವನ್ನು $A^{\alpha\beta}$ ಎಂದೂ ಬರೆದು ಪರಿವರ್ತಿತ ಮೊದಲ ಪದದಲ್ಲಿ

$$\frac{\partial g^{\nu\beta}}{\partial x_\sigma} \quad \text{ಮತ್ತು} \quad \frac{\partial g^{\mu\alpha}}{\partial x_\sigma}$$

ಎಂಬವನ್ನು (34)ರಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಇವುಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿಸ್ಥಾಪಿಸಿದ್ದಾದರೆ (27)ರ ಬಲಪಾರ್ಶ್ವದಿಂದ ಏಳು ಪದಗಳಿರುವ ಒಂದು ಉಕ್ತಿ ಫಲಿಸುತ್ತದೆ ; ಇವುಗಳ ಪೈಕಿ ನಾಲ್ಕು ಪದಗಳು ರದ್ದುಗೊಂಡು

$$A_\sigma^{\alpha\beta} = \frac{\partial A^{\alpha\beta}}{\partial x_\sigma} + \left\{\sigma\gamma, \alpha\right\} A^{\gamma\beta} + \left\{\sigma\gamma, \beta\right\} A^{\alpha\gamma} \quad \text{.... (38)}$$

ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ಇದು ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಪ್ರತಿಚರ ಟೆನ್ಸರೊಂದರ ವಿಸ್ತರಣೆಗೆ ಉಕ್ತಿ. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಅಥವಾ ಕಡಿಮೆ ದರ್ಜೆಯ ಪ್ರತಿಚರ ಟೆನ್ಸರುಗಳ ವಿಸ್ತರಣೆಗೆ ಇಂಥದೇ ಉಕ್ತಿಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸಬಹುದು.

ಮಿಶ್ರ ಟೆನ್ಸರೊಂದರ ವಿಸ್ತರಣೆಯನ್ನು ಕೂಡ ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ರೂಪಿಸಬಲ್ಲೆವೆಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸುತ್ತೇವೆ :

$$A^{\alpha}_{\mu\sigma} = \frac{\partial A^{\alpha}_{\mu}}{\partial x_{\sigma}} - \left\{\sigma\mu, \tau\right\} A^{\alpha}_{\tau} + \left\{\sigma\tau, \alpha\right\} A^{\tau}_{\mu} \quad \text{....(39)}$$

(38)ನ್ನು ಸೂಚ್ಯಂಕ β ಮತ್ತು σ ಗಳ ಮೇಲೆ ಸಂಕೋಚಿಸಿದಾಗ (δ^{σ}_{β}ದಿಂದ ಒಳ ಗುಣಾಕಾರ

$$A^{\alpha} = \frac{\partial A^{\alpha\beta}}{\partial x_{\beta}} + \left\{\beta\gamma, \beta\right\} A^{\alpha\gamma} + \left\{\beta\gamma, \alpha\right\} A^{\gamma\beta}$$

ಎಂಬ ಸದಿಶ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಈಗ $A^{\alpha\beta}$ ವನ್ನು ಒಂದು ಪ್ರತಿಸಮಾಂಗೀಯ ಟೆನ್ಸರೆಂದು ಭಾವಿಸಿದ್ದಾದರೆ ಸೂಚ್ಯಂಕ β ಮತ್ತು γ ಗಳನ್ನು ಕುರಿತು $\{\beta\gamma, \beta\}$ದ ಸಮಾಂಗೀಯತೆಯ ಕಾರಣವಾಗಿ [ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣದ] ಬಲಪಾರ್ಶ್ವದ ಮೂರನೆಯ ಪದ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಎರಡನೆಯ ಪದವನ್ನು (29a)ಯಲ್ಲಿದ್ದಂತೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯ.

ಹೀಗೆ

$$A^{\alpha} = \frac{1}{\sqrt{-g}} \frac{\partial\left(\sqrt{-g}\, A^{\alpha\beta}\right)}{\partial x_{\beta}} \quad \text{.... (40)}$$

ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಇದು ಪ್ರತಿಚರ ಷಟ್ಸದಿಶವೊಂದರ ಅಪಸರಣೆಗೆ ಉಕ್ತಿ.

ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಮಿಶ್ರ ಟೆನ್ಸರಿನ ಅಪಸರಣೆ: (39)ನ್ನು ಸೂಚ್ಯಂಕ α ಮತ್ತು σ ಗಳನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ ಸಂಕೋಚಿಸಿ (29a)ಯನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ

$$\sqrt{-g}\, A_{\mu} = \frac{\partial\left(\sqrt{-g}\, A^{\sigma}_{\mu}\right)}{\partial x_{\sigma}} - \left\{\sigma\mu, \tau\right\} \sqrt{-g}\, A^{\sigma}_{\tau} \quad \text{.... (41)}$$

ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಇದರ ಕೊನೆಯ ಪದದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಚರ ಟೆನ್ಸರ್ $A^{\rho\sigma} = g^{\rho\tau} A^{\sigma}_{\tau}$ ವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ್ದಾದರೆ ಅದು

$$-\left[\sigma\mu, \rho\right] \sqrt{-g}\, A^{\rho\sigma}$$

ಎಂಬ ರೂಪ ತಳೆಯುತ್ತದೆ. ಇದರ ಜೊತೆಗೆ $A^{\rho\sigma}$ ಸಮಾಂಗೀಯವೂ ಆಗಿದ್ದರೆ ಈ ಮೇಲಿನ ಪದ

$$-\frac{1}{2}\sqrt{-g}\ \frac{\partial g_{\rho\sigma}\ A^{\rho\sigma}}{\partial x_\mu}$$

ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಪ್ರಸ್ವೀಕೃತವಾಗುತ್ತದೆ. $A^{\rho\sigma}$ ದ ಬದಲಿಗೆ, ಇದರಂತೆಯೇ ಸಮಾಂಗೀಯು ವಾಗಿರುವ ಸಹಚರ ಟೆನ್ಸರ್ $A_{\rho\sigma} = g_{\rho\alpha}\ g_{\sigma\beta}\ A^{\alpha\beta}$ ವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಗೊಳಿಸಿದ್ದರೆ ಕೊನೆಯ ಪದ, (31)ರ ಕಾರಣವಾಗಿ,

$$\frac{1}{2}\sqrt{-g}\ \frac{\partial g^{\rho\sigma}\ A_{\rho\sigma}}{\partial x_\mu}$$

ಎಂಬ ರೂಪವನ್ನು ತಳೆದಿರುತ್ತಿತ್ತು. ಆದ್ದರಿಂದ ಸದ್ಯ ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಸಮಾಂಗೀಯತೆ ಇರುವಾಗ (41)ನ್ನು

$$\sqrt{-g}\ A_\mu = \frac{\partial\left(\sqrt{-g}\ A_\mu^\sigma\right)}{\partial x_\sigma} - \frac{1}{2}\ \frac{\partial g_{\rho\sigma}}{\partial x_\mu}\sqrt{-g}\ A^{\rho\sigma} \quad (41\,a)$$

$$\sqrt{-g}\ A_\mu = \frac{\partial\left(\sqrt{-g}\ A_\mu^\sigma\right)}{\partial x_\sigma} + \frac{1}{2}\ \frac{\partial g^{\rho\sigma}}{\partial x_\mu}\sqrt{-g}\ A_{\rho\sigma} \quad (41b)$$

ಎಂಬ ಎರಡು ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ಬರೆಯಬಹುದು. ಇವನ್ನು ಮುಂದೆ ಬಳಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

§ 12 ರೀಮಾನ್–ಕ್ರಿಸ್ಟೋಫಲ್ ಟೆನ್ಸರ್

ಮೂಲಭೂತ ಟೆನ್ಸರ್ ಒಂದರಿಂದಲೇ ಅವಕಲನದ ಮೂಲಕ ಪಡೆಯಬಹುದಾದ ಟೆನ್ಸರೊಂದನ್ನು ಈಗ ಅನ್ವೇಷಿಸುತ್ತೇವೆ. ಮೊದಲ ನೋಟಕ್ಕೆ ಇದರ ಪರಿಹಾರ ಸ್ಪಷ್ಟವೆಂದು ತೋರುತ್ತದೆ. [ಏಕೆಂದರೆ] ಯಾವುದೇ ದತ್ತ ಟೆನ್ಸರ್ $A_{\mu\nu}$ ವಿನ ಬದಲಾಗಿ ಮೂಲಭೂತ ಟೆನ್ಸರ್ $g_{\mu\nu}$ ವನ್ನು (27)ರಲ್ಲಿಟ್ಟು ತನ್ಮೂಲಕ ಮೂಲಭೂತ ಟೆನ್ಸರಿನ ವಿಸ್ತರಣೆಯೆಂಬ ಹೊಸತೊಂದು ಟೆನ್ಸರನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಆದರೆ ಈ ವಿಸ್ತರಣೆ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಶೂನ್ಯವಾಗುವುದೆಂದು ಸುಲಭವಾಗಿ ನೋಡಬಹುದು. ಹೀಗಿದ್ದಾಗ್ಯೂ ಈ ಮುಂದಿನ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಗುರಿ ತಲಪುತ್ತೇವೆ. (27) ರಲ್ಲಿ ಚತುಸ್ಸದಿಶ A_μ ವಿನ ವಿಸ್ತರಣೆ

$$A_{\mu\nu}=\frac{\partial A_{\mu}}{\partial x_{\nu}}-\{\mu\nu,\rho\}A_{\rho}$$

ಎಂಬುದನ್ನಿಟ್ಟು ತರುವಾಯ (ಸೂಚ್ಯಂಕಗಳನ್ನು ಬೇರೆಯಾಗಿ ಹೆಸರಿಸುವುದರಿಂದ) ಮೂರನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಟೆನ್ಸರ್

$$A_{\mu\sigma\tau}=\frac{\partial^2 A_{\mu}}{\partial x_{\sigma}\partial x_{\tau}}-\{\mu\sigma,\rho\}\frac{\partial A_{\rho}}{\partial x_{\tau}}-\{\mu\tau,\rho\}\frac{\partial A_{\rho}}{\partial x_{\sigma}}-\{\sigma\tau,\rho\}\frac{\partial A_{\mu}}{\partial x_{\rho}}$$
$$+\left[-\frac{\partial}{\partial x_{\tau}}\{\mu\sigma,\rho\}+\{\mu\tau,\alpha\}\{\alpha\sigma,\rho\}+\{\sigma\tau,\alpha\}\{\alpha\mu,\rho\}\right]A_{\rho}$$

ಎಂಬುದನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. ಈ ಉಕ್ತಿ $A_{\mu\sigma\tau}-A_{\mu\tau\sigma}$ ಎಂಬ ಟೆನ್ಸರನ್ನು ರೂಪಿಸಲು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಹಾಗೆ ಮಾಡಿದ್ದಾದರೆ $A_{\mu\sigma\tau}$ ವಿನ ಈ ಮುಂದಿನ ಪದಗಳು $A_{\mu\tau\sigma}$ ದ [ಸಂವಾದೀ] ಪದಗಳನ್ನು ರದ್ದುಗೊಳಿಸುತ್ತವೆ : ಮೊದಲನೆಯದು, ನಾಲ್ಕನೆಯದು ಮತ್ತು ಚೌಕಾವರಣಗಳಲ್ಲಿರುವ ಕೊನೆಯದು. ಏಕೆಂದರೆ ಇವೆಲ್ಲವೂ σ ಮತ್ತು τ ಗಳಲ್ಲಿ ಸಮಾಂಗೀಯವಾಗಿವೆ. ಎರಡನೆಯ ಮತ್ತು ಮೂರನೆಯ ಪದಗಳ ಮೊತ್ತಕ್ಕೆ ಕೂಡ ಇದು ನಿಜ. ಆದ್ದರಿಂದ

$$A_{\mu\sigma\tau}-A_{\mu\tau\sigma}=B^{\rho}_{\mu\sigma\tau}A_{\rho} \quad \text{.... (42)}$$

ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ

$$B^{\rho}_{\mu\sigma\tau}=-\frac{\partial}{\partial x_{\tau}}\{\mu\sigma,\rho\}+\frac{\partial}{\partial x_{\sigma}}\{\mu\tau,\rho\}-\{\mu\sigma,\alpha\}\{\alpha\tau,\rho\}+\{\mu\tau,\alpha\}\{\alpha\sigma,\rho\} \quad \text{.... (43)}$$

ಎಂದು ನಿರೂಪಿಸಲಾಗಿದೆ. (42)ರ ಬಲ ಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿ A_{ρ} ಗಳು ಅವುಗಳ ನಿಷ್ಪನ್ನಗಳಿಲ್ಲದೆ ಒಂಟಿಯಾಗಿ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದೇ ಈ ಫಲಿತಾಂಶದ ಸಾರಭೂತ ಲಕ್ಷಣ. § 7ರಲ್ಲಿಯ ತರ್ಕದ ಪ್ರಕಾರ, $A_{\mu\sigma\tau}-A_{\mu\tau\sigma}$ ಎಂಬುದರ ಟೆನ್ಸರ್ ಲಕ್ಷಣವನ್ನು A_{ρ} ಒಂದು ಸ್ವೇಚ್ಛಾಸದಿಶವೆಂಬ ವಾಸ್ತವಾಂಶದೊಡನೆ ಹೊಂದಿಸಿದರೆ, $B^{\rho}_{\mu\sigma\tau}$ ಒಂದು ಟೆನ್ಸರೆಂಬುದು ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ (ರೀಮಾನ್–ಕ್ರಿಸ್ಟೋಫೆಲ್ ಟೆನ್ಸರ್).

ಈ ಟೆನ್ಸರಿನ ಗಣಿತಪ್ರಾಮುಖ್ಯ ಈ ಮುಂದಿನಂತಿದೆ : ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ $g_{\mu\nu}$ ಗಳು ನಿಯತಾಂಕಗಳಾಗಿರುವಂಥ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೊಂದನ್ನು ಹೊಂದಿರಬಲ್ಲ ಗುಣ ಸಾತತ್ಯಕ್ಕಿದ್ದರೆ ಆಗ $B^{\rho}_{\mu\sigma\tau}$ ಗಳೆಲ್ಲವೂ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತವೆ. [$g_{\mu\nu}$ ಗಳು ನಿಯತಾಂಕಗಳಾಗಿರುವ ಇಂಥ] ಮೂಲ ನಿರ್ದೇಶಕವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಬದಲಾಗಿ ಯಾವುದೇ ಹೊಸ ನಿರ್ದೇಶಕವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಆಯ್ದುದಾದರೆ ಇದಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ $g_{\mu\nu}$ ನಿಯತಾಂಕಗಳಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ $B^{\rho}_{\mu\sigma\tau}$ ವಿನ ಟೆನ್ಸರ್ ಸ್ವರೂಪದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಇದರ ಪರಿವರ್ತಿತ ಘಟಕಗಳು ಹೊಸ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಕೂಡ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ರೀಮಾನ್ ಟೆನ್ಸರ್ ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುವುದು ನಿರ್ದೇಶಕವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಸಮುಚಿತ ಆಯ್ಕೆಯಿಂದ $g_{\mu\nu}$ ಗಳನ್ನು ನಿಯತಾಂಕಗಳಾಗಿ ಮಾಡಲು ಅವಶ್ಯವಾದ ನಿರ್ಬಂಧ* [' ಬೇಕು ' ನಿರ್ಬಂಧ]. ನಮ್ಮ ಸಮಸ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಇದು ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಯುಕ್ತ ಆಯ್ಕೆಯಿಂದ ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಸಾತತ್ಯದ ಒಂದು ಸಾಂತ ವಲಯಕ್ಕೆ ಸಾಧುವಾಗುವಂಥ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗೆ ಸಂವಾದಿಯಾಗಿದೆ.

(43)ನ್ನು ಸೂಚ್ಯಂಕ τ ಮತ್ತು ρ ಗಳನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ ಸಂಕೋಚಿಸುವುದರಿಂದ ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಸಹಚರ ಟೆನ್ಸರ್

$$G_{\mu\nu} = B^{\rho}_{\mu\nu\rho} = R_{\mu\nu} + S_{\mu\nu}$$

ಎಂಬುದನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. ಇಲ್ಲಿ

$$\begin{aligned} R_{\mu\nu} &= -\frac{\partial}{\partial x_\alpha}\left\{\mu\nu, \alpha\right\} + \left\{\mu\alpha, \beta\right\}\left\{\nu\beta, \alpha\right\} \\ S_{\mu\nu} &= \frac{\partial^2\left(\log\sqrt{-g}\right)}{\partial x_\mu\, \partial x_\nu} - \left\{\mu\nu, \alpha\right\}\frac{\partial}{\partial x_\alpha}\left(\log\sqrt{-g}\right) \end{aligned} \qquad \cdots (44)$$

ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಆಯ್ಕೆ ಬಗ್ಗೆ ಟೀಕು : § 8ರಲ್ಲಿ, ಸಮೀಕರಣ (18a)ಯ ಬಗೆಗೆ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸುವಾಗ, $\sqrt{-g} = 1$ ಆಗುವ ಹಾಗೆ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳನ್ನು ಆಯುವುದು ಅನುಕೂಲವೆಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿದೆವು. ಹಿಂದಿನ ಎರಡು ಖಂಡಗಳಲ್ಲಿ ಪಡೆಯಲಾದ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಮೇಲೆ ಒಮ್ಮೆ ಕಣ್ಣು ಹಾಯಿಸಿದಾಗ ಟೆನ್ಸರುಗಳ ರೂಪಣನಿಯಮಗಳು ಇಂಥ ಒಂದು ಆಯ್ಕೆಯಿಂದ ಮುಖ್ಯವಾದ ಒಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ

*ಇದೊಂದು ಸಾಕು ನಿರ್ಬಂಧವೂ ಆಗಿದೆಯೆಂದು ಗಣಿತವಿದರು ಸಾಧಿಸಿದ್ದಾರೆ.

ಸರಳೀಕೃತವಾಗುವುವೆಂಬುದು ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ. ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಇದು, ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ನಿರೂಪಿಸಲಾಗುವ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಮೂಲಭೂತ ಪಾತ್ರವೊಂದನ್ನು ವಹಿಸಲಿರುವ ಮತ್ತು ಇದೀಗ ತಾನೇ ರೂಪಿಸಲಾದ ಟೆನ್ಸರ್ $G_{\mu\nu}$ ವಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಈ ವಿಶೇಷ ಆಯ್ಕೆ $S_{\mu\nu}$ ವನ್ನು ಶೂನ್ಯವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಿ ತತ್ಕಾರಣವಾಗಿ $G_{\mu\nu}$ ವನ್ನು $R_{\mu\nu}$ ವಿಗೆ ಹ್ರಸ್ವೀಕರಿಸುತ್ತದೆ.

ಎಂದೇ ಇನ್ನು ಮುಂದಕ್ಕೆ ನಾನು ಎಲ್ಲ ಸಂಬಂಧಗಳನ್ನೂ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಈ ವಿಶೇಷ ಆಯ್ಕೆಯಿಂದ ಫಲಿಸುವ ಸರಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕೊಡುತ್ತೇನೆ. ವಿಶೇಷ ಸಂದರ್ಭ ವೊಂದರಲ್ಲಿ, ಅವಶ್ಯವೆನಿಸಿದರೆ, [ಈ ಸರಳೀಕೃತ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ] ಸಾರ್ವತ್ರಿಕವಾಗಿ ಸಹಚರವಾಗಿರುವ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಗೆ ಮರಳುವುದು ಸುಲಭ.

C ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದ ಸಿದ್ಧಾಂತ

§ 13 ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯಬಿಂದುವಿನ ಚಲನಸಮೀಕರಣಗಳು. ಗುರುತ್ವದ ಕ್ಷೇತ್ರ ಘಟಕಗಳಿಗೆ ಉಕ್ತಿ

ಬಾಹ್ಯಬಲಗಳಿಂದ ಪ್ರಭಾವಿತವಾಗದೆ ಮುಕ್ತವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಕಾಯ, ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ, ಸರಳ ರೇಖೆಯ ನೇರ ಏಕರೀತಿ ಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. $g_{\mu\nu}$ ಗಳಿಗೆ (4)ರಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ವಿಶೇಷ ಸ್ಥಿರಮೌಲ್ಯಗಳು ಇರುವಂತೆ K_0 ಎಂಬ ನಿರ್ದೇಶಕವ್ಯವಸ್ಥೆಯೊಂದನ್ನು ಆಯಬಹುದಾದರೆ, ಮತ್ತು ಆಯ್ದುದಾದರೆ, ಆಗ ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮಗಳ ಆಕಾಶದ ಒಂದು ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ಕೂಡ ಈ ಹೇಳಿಕೆ ಸಾಧುವಾಗುತ್ತದೆ.

ಆಯ್ದ ಯಾವುದೇ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆ K_1ರಿಂದ ಇದೇ ಚಲನೆಯನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಿದ್ದಾದರೆ, § 2ರಲ್ಲಿಯ ಪರಿಗಣನೆಗಳ ಪ್ರಕಾರ, ಕಾಯ ಒಂದು ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ. K_1 ನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ ಚಲನನಿಯಮ ಸುಲಭವಾಗಿ ಈ ಮುಂದಿನ ಪರಿಗಣನೆಯಿಂದ ಫಲಿಸುತ್ತದೆ. K_0 ಯನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ ಚಲನನಿಯಮ ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮಗಳಲ್ಲಿಯ ಒಂದು ಸರಳ ರೇಖೆಗೆ, ಅಂದರೆ ಭೂ ರೇಖೆಗೆ, ಸಂವಾದಿ ಆಗಿದೆ. ಈಗ, ಭೂರೇಖೆ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರ ದಂತೆ ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸಲ್ಪಡುವುದರಿಂದ ಅದರ ಸಮೀಕರಣಗಳು K_1 ನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ ದ್ರವ್ಯ ಬಿಂದುವಿನ ಚಲನಸಮೀಕರಣವೂ ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈಗ

$$\Gamma_{\mu\nu}^{\tau} = -\{\mu\nu, \tau\} \qquad \text{.... (45)}$$

ಎಂಬುದಾಗಿ ಬರೆದಪ್ಪಾದರೆ K_1 ನ್ನು ಕುರಿತು ಬಿಂದುವಿನ ಚಲನಸಮೀಕರಣ

$$\frac{d^2 x_\tau}{ds^2} = \Gamma^{\tau}_{\mu\nu} \frac{dx_\mu}{ds} \frac{dx_\nu}{ds} \qquad \cdots (46)$$

ಆಗುತ್ತದೆ: ಸಾಂತವಲಯವೊಂದರಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಸಾಧುಗೊಳಿಸಬಲ್ಲಂಥ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆ K_0 ಇರದ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಕೂಡ ಈ ಸಹಚರ ಸಮೀಕರಣಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಬಿಂದುವಿನ ಚಲನೆಯನ್ನು ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬ ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಸ್ಫುರಿಸುವ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಈಗ ಸ್ವೀಕರಿಸುತ್ತೇವೆ. (46) ಸಮೀಕರಣ $g_{\mu\nu}$ ವಿನ ಮೊದಲ ನಿಷ್ಪನ್ನಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಒಳಗೊಂಡಿರುವುದರಿಂದಲೂ ಇವುಗಳ ನಡುವೆ K_0 ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿರುವ ವಿಶೇಷ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಕೂಡ ಯಾವ ಸಂಬಂಧಗಳೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲವಾದ್ದರಿಂದಲೂ ಈ ಸ್ವೀಕೃತ ಭಾವನೆಗೆ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಮರ್ಥನೆ ಒದಗುತ್ತದೆ.*

$\Gamma^{\tau}_{\mu\nu}$ ಶೂನ್ಯವಾದಲ್ಲಿ ಬಿಂದು, ಸರಳರೇಖೆಯ ನೇರ ಏಕರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸರಿಯುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಚಲನೆ ಏಕರೀತಿತ್ವದಿಂದ ವಿಚಲಿಸುವುದನ್ನು ಈ ರಾಶಿಗಳು ನಿಯಂತ್ರಿಸುತ್ತವೆ. ಇವೇ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದ ಘಟಕಗಳು.

§ 14 ದ್ರವ್ಯದ ಅಭಾವದಲ್ಲಿ ಗುರುತ್ವದ ಕ್ಷೇತ್ರ ಸಮೀಕರಣಗಳು

ಇಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರವೊಂದನ್ನುಳಿದು ಮಿಕ್ಕ ಎಲ್ಲವನ್ನೂ "ದ್ರವ್ಯ" ವೆಂದು ಕರೆಯುವುದರ ಮೂಲಕ " ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರ" ಕ್ಕೂ " ದ್ರವ್ಯ "ಕ್ಕೂ ನಡುವೆ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ವಿಶದೀಕರಿಸುತ್ತೇವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಾವು ಬಳಸುವ ಪದ ಸಾಧಾರಣ ಅರ್ಥದ ದ್ರವ್ಯವಷ್ಟನ್ನೇ ಅಲ್ಲ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಕೂಡ ಒಳಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ದ್ರವ್ಯದ ಅಭಾವದಲ್ಲಿ ಗುರುತ್ವದ ಕ್ಷೇತ್ರಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಶೋಧಿಸುವುದು ನಮ್ಮ ಮುಂದಿನ ಉದ್ದೇಶ. ಇಲ್ಲಿ, ಈ ಹಿಂದಿನ ಪರಿಚ್ಛೇದದಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯಬಿಂದುವಿನ ಚಲನಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಸೂತ್ರೀಕರಿಸಿದಾಗ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದ ವಿಧಾನವನ್ನೇ ಮತ್ತೆ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತೇವೆ. ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತದ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ $g_{\mu\nu}$ಗಳಿಗೆ ಕೆಲವು ನಿಯತ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಇರುವಾಗ ಈ ಅಪೇಕ್ಷಿತ ಸಮೀಕರಣಗಳು ಹೇಗಿದ್ದರೂ ತೃಪ್ತವಾಗಬೇಕು. K_0 ಎಂಬ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ನಿರ್ದೇಶಕವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿ

---

* 12ರಲ್ಲಿ ನೋಡಿದಂತೆ ಎರಡನೆಯ (ಮತ್ತು ಮೊದಲ) ನಿಷ್ಪನ್ನಗಳ ನಡುವೆ ಮಾತ್ರ $B^{\rho}_{\mu\sigma\tau} = 0$ ಎಂಬ ಸಂಬಂಧಗಳು ಇರುವುದಾಗಿದೆ.

ಸಿದಂತೆ ಸಾಂತಾಕಾಶವೊಂದರಲ್ಲಿ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಹೀಗಿರಲಿ. ಆಗ (43) ರಲ್ಲಿ ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸಿದ ರೀಮಾನ್ ಟೆನ್ಸರ್ $B^{\rho}_{\mu\sigma\tau}$ ವಿನ ಘಟಕಗಳೆಲ್ಲವೂ ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ— ಇತರ ಯಾವುದೇ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಕೂಡ—ಅವು ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತವೆ.

ಹೀಗೆ $B^{\rho}_{\mu\sigma\tau}$ ಗಳೆಲ್ಲವೂ ಶೂನ್ಯವಾದರೆ ಆಗ ದ್ರವ್ಯಮುಕ್ತ ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಅಪೇಕ್ಷಿತ ಸಮೀಕರಣಗಳು ತೃಪ್ತವಾಗಲೇಬೇಕು. ಆದರೆ ಈ ನಿರ್ಬಂಧ ತೀರ ಅತಿಯಾದದ್ದು. ಏಕೆಂದರೆ, ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ದ್ರವ್ಯಬಿಂದುವೊಂದು ಅದರ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಯಾವುದೇ ಆಯ್ಕೆಯಿಂದಲೂ "ಪರಿವರ್ತಿಸಿ ನಿವಾರಿಸುವುದು" ಖಂಡಿತವಾಗಿಯೂ ಸಾಧ್ಯವಾಗ ದೆಂಬುದು ಸುಸ್ಪಷ್ಟ. ಅಂದರೆ ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದ $g_{\mu\nu}$ ಗಳನ್ನು ನಿಯತಾಂಕಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು ಅಸಾಧ್ಯ ಎಂದಾಯಿತು.

ಇದು ನಮಗೆ ಟೆನ್ಸರ್ $B^{\rho}_{\mu\nu\tau}$ ವಿನಿಂದ ಪಡೆದ ಸಮಾಂಗೀಯ ಟೆನ್ಸರ್ $G_{\mu\nu}$ ದ್ರವ್ಯಮುಕ್ತ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಶೂನ್ಯವಾಗತಕ್ಕದ್ದೆಂದು ಅಪೇಕ್ಷಿಸಲು ಪ್ರೇರಣೆ ನೀಡುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಹತ್ತು ರಾಶಿ $g_{\mu\nu}$ ಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಮತ್ತು $B^{\rho}_{\mu\sigma\tau}$ ಗಳೆಲ್ಲವೂ ಶೂನ್ಯವಾಗುವ ವಿಶೇಷ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಹೇಗೂ ತೃಪ್ತವಾಗುವ, ಹತ್ತು ಸಮೀಕರಣ ಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. ನಾವು ಆಯ್ದಿರುವ ನಿರ್ದೇಶಕವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ [$\sqrt{-g}=1$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ], (44) ರಿಂದಾಗಿ ದ್ರವ್ಯಮುಕ್ತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳು

$$\frac{\partial \Gamma^{\alpha}_{\mu\nu}}{\partial x_{\alpha}} + \Gamma^{\alpha}_{\mu\beta} \quad \Gamma^{\beta}_{\nu\alpha} = 0 \qquad \cdots(47)$$

$$\sqrt{-g} = 1$$

ಆಗುತ್ತವೆ.

ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಆಯ್ಕೆಯಲ್ಲಿಯ ಸ್ವೇಚ್ಛೆ ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿದೆ. ಏಕೆಂದರೆ $g_{\mu\nu}$ ಮತ್ತು ಇದರ ನಿಷ್ಪನ್ನಗಳಿಂದ ರೂಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟು, ಎರಡನೆಯದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಕ್ರಮದ ನಿಷ್ಪನ್ನಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರದ ಮತ್ತು ಈ ನಿಷ್ಪನ್ನಗಳಲ್ಲಿ ರೇಖೀಯವಾಗಿರುವ ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಟೆನ್ಸರ್ $G_{\mu\nu}$ ವಿನ ಹೊರತು ಬೇರಾವುದೂ ಇಲ್ಲ.*

* ನಿಜಕ್ಕೂ ಈ ಹೇಳಿಕೆ $G_{\mu\nu} + \lambda g_{\mu\nu} \; g^{\alpha\beta} \; G_{\alpha\beta}$ ಎಂಬ ಟೆನ್ಸರಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ λ ಒಂದು ನಿಯತಾಂಕ. ಆದರೆ ಈ ಟೆನ್ಸರನ್ನು ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮೀಕರಿಸಿದರೂ $G_{\mu\nu}=0$ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಗೇ ಮರಳುತ್ತೇವೆ.

ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಆವಶ್ಯಕತೆಯಿಂದ ಹೊಮ್ಮಿದ ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಶುದ್ಧ ಗಣಿತವಿಧಾನದಿಂದ ಬೆಳೆಸಿ (46)ರಲ್ಲಿರುವ ಚಲನ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಜೊತೆಗೂಡಿಸಿದಾಗ ಮೊದಲ ಉಪಸಮತೆಗೆ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಆಕರ್ಷಣ ನಿಯಮವೂ ಎರಡನೆಯ ಉಪಸಮತೆಗೆ (ಲೆವೆರಿಯರನಿಂದ ಆವಿಷ್ಕೃತವಾದ) ಪುರರವಿ ಬಿಂದುವಿನ (ಕ್ಷೋಭೆಗೆ ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದ ಬಳಿಕ ಉಳಿಯುವಂಥ) ಚಲನೆಯ ವಿವರಣೆಯೂ ದೊರೆಯುತ್ತವೆ. ನನ್ನ ಅಭಿಪ್ರಾಯದಲ್ಲಿ ಈ ವಾಸ್ತವಾಂಶಗಳು ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಋಜುತ್ವಕ್ಕೆ ಮನವೊಪ್ಪಿಸುವ ಸಾಧನೆಗಳಾಗಿವೆ.

§ 15 ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಹ್ಯಾಮಿಲ್ಟೋನಿಯನ್ ಉತ್ಪನ್ನ. ಸಂವೇಗ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಯ ನಿಯಮಗಳು

ಕ್ಷೇತ್ರಸಮೀಕರಣಗಳು ಸಂವೇಗ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಯ ನಿಯಮಗಳೊಡನೆ ಸಂಗತವಾಗಿವೆ ಎಂದು ತೋರಿಸಲು ಅವನ್ನು ಈ ಮುಂದಿನ ಹ್ಯಾಮಿಲ್ಟೋನಿಯನ್ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬರೆಯುವುದು ಅತ್ಯಂತ ಸೌಕರ್ಯವಾದ ಕ್ರಮ :

$$\delta\int H d\tau = 0$$
$$H = g^{\mu\nu}\Gamma^{\alpha}_{\mu\beta}\quad\Gamma^{\beta}_{\nu\alpha} \qquad \text{....(47a)}$$
$$\sqrt{-g} = 1$$

ಇಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿರುವ ನಾಲ್ಕು ಆಯಾಮಗಳ ಸಾಂತ ಅನುಕಲನ ವಲಯದ ಎಲ್ಲೆಯ ಮೇಲೆ ವಿಚರಣೆಗಳು ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತವೆ.

(47a) ಯಲ್ಲಿರುವ ಕ್ಷೇತ್ರಸಮೀಕರಣಗಳ ರೂಪ (47)ರಲ್ಲಿರುವ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಗೆ ಸಮಾನ ಎಂಬುದನ್ನು ಮೊದಲಿಗೆ ತೋರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಉದ್ದೇಶಕ್ಕಾಗಿ

Hನ್ನು $g^{\mu\nu}$ ಮತ್ತು $g^{\mu\nu}_{\sigma}\left(= \partial g^{\mu\nu}/\partial x_{\sigma}\right)$ ವಿನ ಉತ್ಪನ್ನವೆಂಬುದಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸುತ್ತೇವೆ. ಆಗ ಪ್ರಥಮತಃ

$$\delta H = \Gamma^{\alpha}_{\mu\beta}\ \Gamma^{\beta}_{\nu\alpha}\ \delta g^{\mu\nu} + 2\, g^{\mu\nu}\Gamma^{\alpha}_{\mu\beta}\ \delta\Gamma^{\beta}_{\nu\alpha}$$
$$= -\Gamma^{\alpha}_{\mu\beta}\ \Gamma^{\beta}_{\nu\alpha}\ \delta g^{\mu\nu} + 2\,\Gamma^{\alpha}_{\mu\beta}\ \delta\left(g^{\mu\nu}\Gamma^{\beta}_{\nu\alpha}\right)$$

ಆಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ

$$\delta\left(g^{\mu\nu}\Gamma^{\beta}_{\nu\alpha}\right) = \frac{1}{2}\,\delta\left[g^{\mu\nu} g^{\beta\lambda}\left(\frac{\partial g_{\nu\lambda}}{\partial x_{\alpha}} + \frac{\partial g_{\alpha\lambda}}{\partial x_{\nu}} - \frac{\partial g_{\alpha\nu}}{\partial x_{\lambda}}\right)\right]$$

ಎಂಬುದರಲ್ಲಿ ಚೌಕಾವರಣಗಳ ಒಳಗಿರುವ ಕೊನೆಯ ಎರಡು ಪದಗಳು ವಿರುದ್ಧ ಚಿಹ್ನೆಯವಾದ್ದರಿಂದ, ಇವುಗಳ ಪೈಕಿ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಪದದಲ್ಲಿ (ಸಂಕಲನ ಸೂಚ್ಯಂಕಗಳ ನಾಮಕರಣ ಮುಖ್ಯವಲ್ಲವಾದ್ದರಿಂದ) ಸೂಚ್ಯಂಕ ν ಮತ್ತು λ ಗಳನ್ನು ಅದಲುಬದಲಿಸಿದರೆ, δHನ ಉಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಇವು ಒಂದು ಇನ್ನೊಂದನ್ನು ರದ್ದುಗೊಳಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬುದು ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಅಲ್ಲಿ ಇವನ್ನು ಸೂಚ್ಯಂಕ μ ಮತ್ತು β ಗಳಲ್ಲಿ ಸಮಾಂಗೀಯವಾಗಿರುವ ರಾಶಿ $\Gamma^{\alpha}_{\mu\beta}$ ದಿಂದ ಗುಣಿಸಿದೆ. ಹೀಗೆ ಚೌಕಾವರಣಗಳಲ್ಲಿರುವ ಮೊದಲ ಪದ ಮಾತ್ರ ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ಉಳಿದು (31)ನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಿದಾಗ

$$\delta H = -\Gamma^{\alpha}_{\mu\beta}\ \Gamma^{\beta}_{\nu\alpha}\ \delta g^{\mu\nu} + \Gamma^{\alpha}_{\mu\beta}\ \delta g^{\mu\beta}_{\alpha}$$

ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ

$$\frac{\partial H}{\partial g^{\mu\nu}} = -\Gamma^{\alpha}_{\mu\beta}\ \Gamma^{\beta}_{\nu\alpha}$$
$$\frac{\partial H}{\partial g^{\mu\nu}_{\alpha}} = \Gamma^{\alpha}_{\mu\beta} \qquad \text{.... (48)}$$

ಲಭಿಸುತ್ತವೆ. ಈಗ (47a)ಯನ್ನು ವಿಚರಿಸಿದರೆ ಮೊದಲಿಗೆ

$$\frac{\partial}{\partial x_{\alpha}}\left(\frac{\partial H}{\partial g^{\mu\nu}_{\alpha}}\right) - \frac{\partial H}{\partial g^{\mu\nu}} = 0 \qquad \text{.... (47b)}$$

ದೊರೆತು, (48)ರ ಕಾರಣವಾಗಿ ಇದು (47)ಕ್ಕೆ ಸರ್ವಸಮವಾಗುತ್ತದೆ. ನಾವು ಸಾಧಿಸಬೇಕಾಗಿದ್ದುದಾದರೂ ಇದೇ.

(47b)ಯನ್ನು $g_\sigma^{\mu\nu}$ದಿಂದ ಗುಣಿಸಿದರೆ ಆಗ,

$$\frac{\partial g_\sigma^{\mu\nu}}{\partial x_\alpha} = \frac{\partial g_\alpha^{\mu\nu}}{\partial x_\sigma}$$

ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, ಮತ್ತು ತತ್ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ

$$g_\sigma^{\mu\nu} \cdot \frac{\partial}{\partial x_\alpha}\left(\frac{\partial H}{\partial g_\alpha^{\mu\nu}}\right) = \frac{\partial}{\partial x_\alpha}\left(g_\sigma^{\mu\nu} \frac{\partial H}{\partial g_\alpha^{\mu\nu}}\right) - \frac{\partial H}{\partial g_\alpha^{\mu\nu}} \frac{\partial g_\alpha^{\mu\nu}}{\partial x_\sigma}$$

ಆಗುವುದರಿಂದ, ನಮಗೆ

$$\frac{\partial}{\partial x_\alpha}\left(g_\sigma^{\mu\nu} \frac{\partial H}{\partial g_\alpha^{\mu\nu}}\right) - \frac{\partial H}{\partial x_\sigma} = 0$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣ, ಅಥವಾ*

$$\frac{\partial t_\sigma^\alpha}{\partial x_\alpha} = 0$$

$$-2kt_\sigma^\alpha = g_\sigma^{\mu\nu} \frac{\partial H}{\partial g_\alpha^{\mu\nu}} - \delta_\sigma^\alpha H \qquad \text{.... (49)}$$

ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ (48), (47)ರ ಎರಡನೆಯ ಸಮೀಕರಣ, (45) ಮತ್ತು (34)ರ ಕಾರಣವಾಗಿ t_σ^α ವನ್ನು

$$Kt_\sigma^\alpha = \frac{1}{2}\delta_\sigma^\alpha g^{\mu\nu} \Gamma_{\mu\beta}^\lambda \Gamma_{\nu\lambda}^\beta - g^{\mu\nu} \Gamma_{\mu\beta}^\alpha \Gamma_{\nu\sigma}^\beta \qquad \text{.... (50)}$$

ಎಂದೂ ಬರೆಯಬಹುದು.

* ಇಲ್ಲಿ (—$2k$) ಅಪವರ್ತನವನ್ನು ಸೇರಿಸಿರುವುದರ ಕಾರಣ ಮುಂದೆ ವೇದ್ಯವಾಗಲಿದೆ

ಈ t_σ^α ಒಂದು ಟೆನ್ಸರಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು. ಆದರೂ $\sqrt{-g} = 1$ ಆಗಿರುವ ಎಲ್ಲ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ (49) ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತದೆ .ಈ ಸಮೀಕರಣ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಸಂವೇಗ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಯ ಸ್ಥಾಯಿತ್ವ ನಿಯಮವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುತ್ತದೆ. ಪ್ರಸ್ತುತಃ ಮೂರು ಆಯಾಮಗಳ ಘನಗಾತ್ರ Vಯ ಮೇಲೆ ಈ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಅನುಕಲಿಸಿದಾಗ

$$\frac{d}{dx_4}\int t_\sigma^4 \; dV = \int \left(l t_\sigma^1 + m t_\sigma^2 + n t_\sigma^3 \right) dS \qquad \text{.... (49a)}$$

ಎಂಬ ನಾಲ್ಕು ಸಮೀಕರಣಗಳು ದೊರೆಯುತ್ತವೆ. ಇಲ್ಲಿ (ಯೂಕ್ಲಿಡ್‌ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ) l, m, nಗಳು ಗಡಿ–ತಲದ ಧಾತು dSನಲ್ಲಿ ಒಳಮುಖವಾಗಿ ಎಳೆದ ದಿಕ್ಕೋಟಿಜ್ಯಾಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುತ್ತವೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ನಾವು ಸ್ಥಾಯಿತ್ವ ನಿಯಮಗಳ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಪರಿಚಿತ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ರಾಶಿ t_σ^α ಗಳನ್ನು ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದ "ಶಕ್ತಿ ಘಟಕಗಳು" ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ.

(47)ರಲ್ಲಿರುವ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ವಿಷಯದ ಸ್ಪಷ್ಟ ಗ್ರಹಣಗೆಗೆ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿರುವ ಮೂರನೆಯ ರೂಪವೊಂದರಲ್ಲಿ ಈಗ ಕೊಡುತ್ತೇನೆ. (47)ರಲ್ಲಿರುವ ಕ್ಷೇತ್ರಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು $g^{\nu\sigma}$ ದಿಂದ ಗುಣಿಸಿದಾಗ ಇವು "ಮಿಶ್ರ" ರೂಪದಲ್ಲಿ ದೊರೆಯುತ್ತವೆ. ಈಗ

$$g^{\nu\sigma}\frac{\partial \Gamma_{\mu\nu}^\alpha}{\partial x_\alpha} = \frac{\partial}{\partial x_\alpha}\left(g^{\nu\sigma}\Gamma_{\mu\nu}^\alpha\right) - \frac{\partial g^{\nu\sigma}}{\partial x_\alpha}\Gamma_{\mu\nu}^\alpha$$

ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿ. ಈ ರಾಶಿ (34)ರ ಕಾರಣವಾಗಿ

$$\frac{\partial}{\partial x_\alpha}\left(g^{\nu\sigma}\Gamma_{\mu\nu}^\alpha\right) - g^{\nu\beta}\Gamma_{\alpha\beta}^\sigma \; \Gamma_{\mu\nu}^\alpha - g^{\sigma\beta}\Gamma_{\alpha\beta}^\nu \; \Gamma_{\mu\nu}^\alpha$$

ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಅಥವಾ (ಸಂಕಲನಸೂಚ್ಯಂಕಗಳಿಗೆ ಇತರ ಪ್ರತೀಕಗಳಿಂದ)

$$\frac{\partial}{\partial x_\alpha}\left(g^{\sigma\beta}\Gamma_{\mu\beta}^\alpha\right) - g^{\gamma\delta}\Gamma_{\gamma\beta}^\sigma\,\Gamma_{\delta\mu}^\beta - g^{\nu\sigma}\Gamma_{\mu\beta}^\alpha\,\Gamma_{\nu\alpha}^\beta$$

ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿದೆ. ಈ ಉಕ್ತಿಯ ಮೂರನೆಯ ಪದ [$g^{\nu\sigma}$ ದೊಡನೆ ಗುಣಿಸಿದ] ಕ್ಷೇತ್ರ ಸಮೀಕರಣ (47)ರ ಎರಡನೆಯ ಪದವನ್ನು ರದ್ದುಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ; ಸಂಬಂಧ (50)ನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ [ಇದೇ ಉಕ್ತಿಯ] ಎರಡನೆಯ ಪದವನ್ನು

$$K\left(t_\mu^\sigma - \frac{1}{2}\delta_\mu^\sigma t\right)$$

ಎಂಬುದಾಗಿ ಬರೆಯಬಹುದು; ದಲ್ಲಿ $t = t_a^a$. ಹೀಗೆ (47)ರ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಬದಲಾಗಿ

$$\frac{\partial}{\partial x_\alpha} \; g^{\sigma\beta}\Gamma_{\mu\beta}^{\alpha} = -k\left(t_\mu^\sigma - \frac{1}{2}\delta_\mu^\sigma t\right) \qquad \ldots (51)$$
$$\sqrt{-g} = 1$$

ದೊರೆಯುತ್ತವೆ.

§ 16. ಗುರುತ್ವದ ಕ್ಷೇತ್ರಸಮೀಕರಣಗಳ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ರೂಪ

ದ್ರವ್ಯಮುಕ್ತಾಕಾಶಕ್ಕೆ § 15ರಲ್ಲಿ ರೂಪಿಸಲಾದ ಕ್ಷೇತ್ರಸಮೀಕರಣಗಳು ನ್ಯೂಟನ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಕ್ಷೇತ್ರ ಸಮೀಕರಣ

$$\nabla^2\phi = 0$$

ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಸಂವಾದಿ ಆಗಿವೆ. ಈಗ ದ್ರವ್ಯದ ಸಾಂದ್ರತೆ ρ ಆಗಿರುವಾಗಿನ ಪ್ವಾಸಾನ್ ಸಮೀಕರಣ

$$\nabla^2\phi = 4\pi k\rho$$

ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಸಂವಾದಿ ಆಗುವ ಸಮೀಕರಣ ಬೇಕಾಗಿದೆ.

ಜಡ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಎಂಬುದು, ಶಕ್ತಿ–ಟೆನ್ಸರ್ ಎಂಬ ಹೆಸರಿನ ಎರಡನೆಯ ಸಮಾಂಗೀಯ ಟೆನ್ಸರನ್ನು ಗಣಿತಲಕ್ಷಣವಾಗಿ ಹೊಂದಿರುವ, ಶಕ್ತಿಯೇ ಹೊರತಾಗಿ ಬೇರೇನೂ ಅಲ್ಲ ಎಂಬ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತ ನಮ್ಮನ್ನು ಒಯ್ದಿದೆ. ಎಂದೇ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿಯೂ ಇಂಥದೇ ಒಂದು ದ್ರವ್ಯದ ಶಕ್ತಿ–ಟೆನ್ಸರ್ T_σ^a ವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಗೊಳಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ. ಇದು ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದ ಶಕ್ತಿ–ಘಟಕ t_σ^a ಗಳಂತೆ [ಸಮೀಕರಣಗಳು (49) ಮತ್ತು (50)] ಮಿಶ್ರ ಲಕ್ಷಣ

ಉಳ್ಳದ್ದಾಗಿಯೂ ಆದರೆ ಒಂದು ಸಮಾಂಗೀಯ* ಸಹಚರ ಟೆನ್ಸರಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ್ದಾಗಿಯೂ ಇರಬೇಕು.

(ಪ್ವಾಸಾನ್ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿಯ ಸಾಂದ್ರತೆ ρಗೆ ಸಂವಾದಿಯಾದ) ಈ ಶಕ್ತಿ–ಟೆನ್ಸರನ್ನು ಗುರುತ್ವದ ಕ್ಷೇತ್ರಸಮೀಕರಣಗಳಿಗೆ ಹೇಗೆ ಪ್ರವೇಶಗೊಳಿಸಬೇಕೆನ್ನುವುದನ್ನು ಸಮೀಕರಣವ್ಯವಸ್ಥೆ (51) ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೊಂದನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಿದ್ದಾದರೆ (ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಸೌರವ್ಯೂಹ) ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಸಮಗ್ರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ, ಮತ್ತು ಆ ಕಾರಣದಿಂದ ಅದರ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಕ್ರಿಯೆ ಕೂಡ, ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಸಮಗ್ರ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು, ಅಂದರೆ ಗುರುತ್ವಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳ ಮೊತ್ತವನ್ನು, ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತವೆ. ಈ ವಾಸ್ತವಾಂಶ (51)ರಲ್ಲಿ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದ ಶಕ್ತಿ–ಘಟಕಗಳು ಮಾತ್ರವೇ ಇದ್ದ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯದ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದ ಶಕ್ತಿ–ಘಟಕಗಳ ಮೊತ್ತ $t_\mu^\sigma + T_\mu^\sigma$ ಗಳನ್ನು ಪ್ರವೇಶಗೊಳಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಅಭಿವ್ಯಕ್ತಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ (51)ರ ಬದಲಾಗಿ ನಮಗೆ

$$\frac{\partial}{\partial x_\alpha}\left(g^{\sigma\beta}\,\Gamma_{\mu\beta}^{\alpha}\right) = -k\left[\left(t_\mu^\sigma + T_\mu^\sigma\right) - \frac{1}{2}\delta_\mu^\sigma\left(t+T\right)\right] \qquad \sqrt{-g}=1 \qquad \text{.... (52)}$$

ಎಂಬ ಟೆನ್ಸರ್ ಸಮೀಕರಣ ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ $T = T_\mu^\mu$ (ಲೊವೆಯ ಅದಿಶ) ಎಂದು ಬರೆದಿದ್ದೇವೆ. ಇವೇ ಗುರುತ್ವದ ಅಪೇಕ್ಷಿತ, ಮಿಶ್ರರೂಪದ, ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಮೀಕರಣಗಳು. ಇವುಗಳಿಂದ ಹಿಮ್ಮೊಗವಾಗಿ ಗಣನೆ ಮಾಡಿದ್ದಾದರೆ (47)ರ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ

$$\frac{\partial}{\partial x_\alpha}\Gamma_{\mu\nu}^{\alpha} + \Gamma_{\mu\beta}^{\alpha}\,\Gamma_{\nu\alpha}^{\beta} = -k\left(T_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}T\right) \qquad \sqrt{-g}=1 \qquad \text{.... (53)}$$

ದೊರೆಯುತ್ತದೆ.

ದ್ರವ್ಯದ ಶಕ್ತಿ–ಟೆನ್ಸರಿನ ಈ ಪ್ರವೇಶಗೊಳಿಸಿಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಭಿಗೃಹೀತವೊಂದರಿಂದಲೇ ಸಮರ್ಥಿತವಾಗಿಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನು ಒಪ್ಪಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಎಂದೇ ಇಲ್ಲಿ ನಾವು

---

* ಅಂದರೆ $g_{\alpha\tau}\,T_\sigma^\alpha = T_{\tau\sigma}$ ಮತ್ತು $g^{\sigma\beta}\,T_\sigma^\alpha = T^{\alpha\beta}$ ಎಂಬವು ಸಮಾಂಗೀಯ ಟೆನ್ಸರುಗಳಾಗಿರಬೇಕು.

ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದ ಶಕ್ತಿ ಕೂಡ ಬೇರೆ ಯಾವುದೇ ಬಗೆಯ ಶಕ್ತಿಯ ತೆರದಲ್ಲಿ ಗುರುತ್ವಾತ್ಮಕವಾಗಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆಂದು ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡು ಇದನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದೇವೆ. ಆದರೆ ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಆಯ್ಕೆಗೆ ಇರುವ ಪ್ರಬಲತಮ ಕಾರಣ ಇವುಗಳ ಈ ಪರಿಣಾಮದಲ್ಲಿ ಹುದುಗಿದೆ : (49)ರ ಮತ್ತು (49a)ಯ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸಲ್ಪಡುವ ಸಂವೇಗ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಯ ಸ್ಥಾಯಿತ್ವದ ಸಮೀಕರಣಗಳು ಸಮಗ್ರಶಕ್ತಿಯ ಘಟಕಗಳಿಗೂ ಸಾಧುವಾಗುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು § 17ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗುವುದು.

§ 17 ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಯಿತ್ವದ ನಿಯಮಗಳು

ಸಮೀಕರಣ (52)ರ ಬಲಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿರುವ ಎರಡನೆಯ ಪದ ಶೂನ್ಯವಾಗುವಂತೆ ಈ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ರೂಪಾಂತರಿಸಬಹುದು. (52)ನ್ನು ಸೂಚ್ಯಂಕ μ ಮತ್ತು σ ಗಳ ಮೇಲೆ ಸಂಕೋಚಿಸಿ ಫಲಿಸುವ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು $\frac{1}{2}\delta_{\mu}^{\sigma}$ ವಿನಿಂದ ಗುಣಿಸಿ ಇದನ್ನು ಸಮೀಕರಣ (52)ರಿಂದ ಕಳೆದರೆ ಆಗ

$$\frac{\partial}{\partial x_{\alpha}}\left(g^{\sigma\beta}\Gamma_{\mu\beta}^{\alpha}-\frac{1}{2}\delta_{\mu}^{\sigma}g^{\lambda\beta}\Gamma_{\lambda\beta}^{\alpha}\right)=-k\left(t_{\mu}^{\sigma}+T_{\mu}^{\sigma}\right) \qquad (52a)$$

ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಈ ಸಮೀಕರಣದ ಮೇಲೆ $\partial/\partial x_{\sigma}$ ಪರಿಕರ್ಮವನ್ನು ಮಾಡುತ್ತೇವೆ. ಮೊದಲಿಗೆ ಈ ಸಮೀಕರಣದ ಎಡಪಾರ್ಶ್ವದ ಮೊದಲ ಪದ

$$\frac{\partial^{2}}{\partial x_{\alpha}\partial x_{\sigma}}\left(g^{\sigma\beta}\Gamma_{\beta\mu}^{\alpha}\right)=-\frac{1}{2}\frac{\partial^{2}}{\partial x_{\alpha}\partial x_{\sigma}}\times\left[g^{\sigma\beta}g^{\alpha\lambda}\left(\frac{\partial g_{\mu\lambda}}{\partial x_{\beta}}+\frac{\partial g_{\beta\lambda}}{\partial x_{\mu}}-\frac{\partial g_{\mu\beta}}{\partial x_{\lambda}}\right)\right]$$

ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿ. ಈಗ ದುಂಡು ಆವರಣಗಳ ಒಳಗಿರುವ ಮೂರನೆಯ ಪದ ನೀಡುವ ಕೊಡುಗೆಯಲ್ಲಿ ಸಂಕಲಸ ಸೂಚ್ಯಂಕ α ಮತ್ತು σ ಗಳನ್ನೂ ಹಾಗೆಯೇ β ಮತ್ತು λ ಗಳನ್ನೂ ಅದಲುಬದಲಿಸುವುದರಿಂದ ಕಾಣುವಂತೆ [ದುಂಡು ಆವರಣಗಳ ಒಳಗಿರುವ] ಮೊದಲನೆಯ ಮತ್ತು ಮೂರನೆಯ ಪದಗಳು ನೀಡುವ ಕೊಡುಗೆಗಳು ಪರಸ್ಪರ ರದ್ದುಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಎರಡನೆಯ ಪದವನ್ನು (31)ರಿಂದ ಮರುರೂಪಿಸಿದರೆ

$$\frac{\partial^{2}}{\partial x_{\alpha}\partial x_{\sigma}}\left(g^{\sigma\beta}\Gamma_{\beta\mu}^{\alpha}\right)=\frac{1}{2}\frac{\partial^{3}g^{\alpha\beta}}{\partial x_{\alpha}\partial x_{\beta}\partial x_{\mu}} \qquad \ldots (54)$$

ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಲ್ಲದೆ (52a) ಯ ಎಡಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿರುವ ಎರಡನೆಯ ಪದ, ಅಂದರೆ

$$-\frac{1}{2}\ \frac{\partial^2}{\partial x_\alpha\,\partial x_\sigma}\left(g^{\lambda\beta}\,\Gamma^{\alpha}_{\lambda\beta}\right)\delta^{\sigma}_{\mu}$$

ಮೊದಲಿಗೆ

$$\frac{1}{4}\ \frac{\partial^2}{\partial x_\alpha\,\partial x_\sigma}\left[g^{\lambda\beta}\,g^{\alpha\delta}\left(\frac{\partial g_{\lambda\delta}}{\partial x_\beta}+\frac{\partial g_{\beta\delta}}{\partial x_\lambda}-\frac{\partial g_{\lambda\beta}}{\partial x_\delta}\right)\right]\delta^{\sigma}_{\mu}$$

ಎಂಬುದನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ನಿರ್ದೇಶಕಗಳನ್ನು ನಾವು ಆಯ್ದಿರುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಚೌಕಾವರಣಗಳ ಒಳಗಿರುವ ಕೊನೆಯ ಪದ (29)ರ ಕಾರಣವಾಗಿ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಉಳಿದೆರಡನ್ನು [ಅವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವ ಕಾರಣ] ಕೂಡಬಹುದು. ಆಗ ಮೇಲಿನದು, (31)ರಿಂದಾಗಿ

$$-\frac{1}{2}\ \frac{\partial^3 g^{\alpha\beta}}{\partial x_\alpha\ \partial x_\beta\ \partial x_\mu}$$

ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇದನ್ನು (54)ರೊಂದಿಗೆ ಪರಿಗಣಿಸಿದಾಗ

$$\frac{\partial^2}{\partial x_\alpha\,\partial x_\sigma}\left(g^{\sigma\beta}\ \Gamma^{\alpha}_{\beta\mu}-\frac{1}{2}\,g^{\lambda\beta}\,\Gamma^{\alpha}_{\lambda\beta}\ \delta^{\sigma}_{\mu}\right)\equiv 0 \qquad \text{.... (55)}$$

ಎಂಬ ನಿತ್ಯಸಮೀಕರಣ ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. (55) ಮತ್ತು (52a) ಗಳಿಂದ, ಈಗ

$$\frac{\partial}{\partial x_\sigma}\left(t^{\sigma}_{\mu}+T^{\sigma}_{\mu}\right)=0 \qquad \text{.... (56)}$$

ಎಂಬುದು ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ.

ಹೀಗೆ ಸಂವೇಗ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಯ ನಿಯಮಗಳು ತೃಪ್ತವಾಗುತ್ತವೆಂಬ ಅಂಶ ಗುರುತ್ವದ ಕ್ಷೇತ್ರಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ಫಲಿಸುತ್ತದೆ. ಸಮೀಕರಣ (49a)ಗೆ ಒಯ್ಯುವ ಪರಿಗಣನೆಯಿಂದ ಇದನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ಸುಲಭವಾಗಿ ನೋಡಬಹುದು ; ಆದರೆ ಇಲ್ಲಿ

ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದ ಶಕ್ತಿಘಟಕ t^σ_μ ಗಳ ಬದಲಾಗಿ ದ್ರವ್ಯದ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದ ಶಕ್ತಿಘಟಕಗಳ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಗೊಳಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

§ 18 ಕ್ಷೇತ್ರ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ದ್ರವ್ಯದ ಸಂವೇಗ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ ನಿಯಮಗಳು

$\sqrt{-g}=1$ ಆಗುವ ಹಾಗೆ ನಾವು ಮಾಡಿರುವ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಆಯ್ಕೆಯಿಂದ $g_{\mu\nu}\dfrac{\partial g^{\mu\nu}}{\partial x_\sigma}$ ಎಂಬುದು ಶೂನ್ಯವಾಗುವುದರಿಂದಾಗಿ (53)ನ್ನು $\partial g^{\mu\nu}/\partial x_\sigma$ ದಿಂದ ಗುಣಿಸಿದರೆ, § 15ರಲ್ಲಿ ಅನುಸರಿಸಲಾದ ವಿಧಾನದಿಂದ

$$\frac{\partial t^\alpha_\sigma}{\partial x_\alpha}-\frac{1}{2}\ \frac{\partial g^{\mu\nu}}{\partial x_\sigma}T_{\mu\nu}=0 \qquad \cdots (57)$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ ; ಅಥವಾ (56)ರಿಂದಾಗಿ ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣ

$$\frac{\partial T^\alpha_\sigma}{\partial x_\alpha}+\frac{1}{2}\ \frac{\partial g^{\mu\nu}}{\partial x_\sigma}T_{\mu\nu}=0$$

ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ.

(41b)ಯೊಡನೆ ಇದನ್ನು ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ನಾವು ಮಾಡಿರುವ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಆಯ್ಕೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಸಮೀಕರಣ ದ್ರವ್ಯಾತ್ಮಕ ಶಕ್ತಿ-ಟೆನ್ಸರಿನ ಅಪಸರಣೆ ಶೂನ್ಯವಾಗುವುದು ಎಂಬುದನ್ನಲ್ಲದೆ ಮತ್ತೆ ಏನನ್ನೂ ಹೇಳುವುದಿಲ್ಲವೆಂಬುದು ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ. ಎಡಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿ ಎರಡನೆಯ ಪದದ ಅಸ್ತಿತ್ವ, ಭೌತದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ, ಸಂವೇಗ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಯ ಸ್ಥಾಯಿತ್ವ ನಿಯಮಗಳು ಕಟ್ಟುನಿಟ್ಟಾಗಿ ದ್ರವ್ಯಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದಿಲ್ಲ, ಅಥವಾ ಹಾಗೆ ಆಗುವುದಿದ್ದರೆ ಅವು $g^{\mu\nu}$ ಗಳು ನಿಯತಾಂಕಗಳಾಗಿರುವಾದ ಮಾತ್ರ—ಅಂದರೆ ಗುರುತ್ವದ ಕ್ಷೇತ್ರತೀವ್ರತೆಗಳು ಶೂನ್ಯವಾದಾಗ—ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತವೆ ಎಂದು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡನೆಯ ಪದ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ದ್ರವ್ಯಕ್ಕೆ ಏಕಮಾನ ಘನಗಾತ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಸಂವೇಗ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಏಕಮಾನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ವರ್ಗಾಯಿಸಿದುದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಉಕ್ತಿ ಆಗಿದೆ. (57)ನ್ನು (34) ಮತ್ತು (45)ಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ

$$\frac{\partial T_\sigma^{\alpha}}{\partial x_\alpha} = - \Gamma_{\alpha\sigma}^{\beta} \; T_\beta^{\alpha} \qquad \text{.... (57a)}$$

ಎಂಬುದಾಗಿ ಬರೆಯುವುದರಿಂದ ಇದು ಇನ್ನಷ್ಟು ಸ್ಫುಟವಾಗಿ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ದ್ರವ್ಯದ ಮೇಲೆ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದ ಶಕ್ತ್ಯಾತ್ಮಕ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಈ ಸಮೀಕರಣದ ಬಲಪಾರ್ಶ್ವ ನಿರೂಪಿಸುತ್ತದೆ.

ಹೀಗೆ ಗುರುತ್ವದ ಕ್ಷೇತ್ರಸಮೀಕರಣಗಳು ದ್ರವ್ಯಾತ್ಮಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ವಿಕಾಸವನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುವ ನಾಲ್ಕು ನಿರ್ಬಂಧಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿವೆ. ದ್ರವ್ಯಾತ್ಮಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ಸ್ವತಂತ್ರವಾದ ನಾಲ್ಕು ಅವಕಲ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ಲಕ್ಷಣಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾದಲ್ಲಿ ಇವು [(57a)] ಈ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಒದಗಿಸುತ್ತವೆ.*

D ದ್ರವ್ಯಾತ್ಮಕ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳು

ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ಸೂತ್ರೀಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ದ್ರವ್ಯದ ಭೌತ ನಿಯಮಗಳನ್ನು (ದ್ರವಗತಿವಿಜ್ಞಾನ, ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ಲನ ವಿದ್ಯುದ್ಗತಿ ವಿಜ್ಞಾನ) ಒಡನೆ ಸಾರ್ವತ್ರೀಕರಿಸಿ ತನ್ಮೂಲಕ ಅವು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಹೊಂದುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಭಾಗ Bಯಲ್ಲಿ ಬೆಳೆಸಿದ ಗಣಿತೋಪಕರಣಗಳು ನೆರವಾಗುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದಾಗ ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ತತ್ತ್ವ ಯಾವ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳನ್ನೂ ಮೊಟಕುಗೊಳಿಸುವುದಿಲ್ಲ ; ಬದಲು ಅದು ಯಾವುದೇ ಹೊಸ ಅಭೀಗೃಹೀತವನ್ನೂ ಬಯಸದೆ ಎಲ್ಲ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ಮೇಲೂ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತದ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ನಮಗೆ ಪರಿಚಯಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ.

ಹೀಗಾಗಿ ದ್ರವ್ಯದ ಭೌತಸ್ವರೂಪದ (ಇದರ ಸಂಕುಚಿತಾರ್ಥದಲ್ಲಿ) ಬಗೆಗೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ವೀಕೃತ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಪ್ರವೇಶಗೊಳಿಸುವುದು ಅನಾವಶ್ಯಕವೆಂದಾಗುತ್ತದೆ. ತತ್ರಾಪಿ, ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಸಹಯೋಗದಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯದ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಆಧಾರವನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದೇ ಇಲ್ಲವೇ ಎಂಬುದು ತೆರೆದ ಪ್ರಶ್ನೆಯಾಗಿಯೇ ಉಳಿಯಬಹುದು. ಇದರ ಬಗೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕಾಭಿಗೃಹೀತ ತತ್ತ್ವಶಃ ಏನನ್ನೂ ಹೇಳಲು ಸಮರ್ಥವಾಗಿಲ್ಲ. ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ಸಿದ್ಧಾಂತ, ತಾನೊಂದೇ ನಿರ್ವಹಿಸಲಾಗದುದನ್ನು ಗುರುತ್ವ

---

* ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯ ಬಗ್ಗೆ D. Hilbert, Nachr. d. K. Gesellsch. d. Wiss. Zu Göttingen, *Math–Phys. Klasse*, 1915 p. 3. ನೋಡಿ.

ತತ್ತ್ವದ ಸಹಯೋಗದಲ್ಲಿ ನಿರ್ವಹಿಸಬಲ್ಲದೇ ಎಂಬುದನ್ನು ಪ್ರಸಕ್ತ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಬೆಳೆಸುವಾಗ ನೋಡಬೇಕಾಗಿದೆ.

§ 19 ಘರ್ಷಣರಹಿತ ಉಷ್ಣಾಪಾರಕ ತರಲಕ್ಕೆ ಆಯ್ಲರನ ಸಮೀಕರಣಗಳು

p ಮತ್ತು ρಗಳು ಒಂದು ಸಂಬಂಧಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಎರಡು ಅದಿಶಗಳಾಗಿರಲಿ. ಇವುಗಳ ಪೈಕಿ ಮೊದಲನೆಯದನ್ನು ತರಲದ "ಸಂಮರ್ದ" ವೆಂದೂ ಎರಡನೆಯದನ್ನು "ಸಾಂದ್ರತೆ"ಯೆಂದೂ ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ ಅಲ್ಲದೇ

$$T^{\alpha\beta} = -g^{\alpha\beta} p + \rho \frac{dx_\alpha}{ds} \frac{dx_\beta}{ds} \qquad \text{....(58)}$$

ಎಂಬ ಪ್ರತಿಚರ ಸಮಾಂಗೀಯ ಟೆನ್ಸರ್ ತರಲದ ಪ್ರತಿಚರ ಶಕ್ತಿ–ಟೆನ್ಸರ್ ಆಗಿರಲಿ. ಸಹಚರ ಟೆನ್ಸರ್

$$T_{\mu\nu} = -g_{\mu\nu} p + g_{\mu\alpha} g_{\nu\beta} \frac{dx_\alpha}{ds} \frac{dx_\beta}{ds} \rho \qquad \text{....(58a)}$$

ಅಂತೆಯೇ ಮಿಶ್ರ ಟೆನ್ಸರ್*

$$T_\sigma^\alpha = -\delta_\sigma^\alpha p + g_{\sigma\beta} \frac{dx_\beta}{ds} \frac{dx_\alpha}{ds} \rho \qquad \text{....(58b)}$$

ಇದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ್ದಾಗಿವೆ. (57a)ಯಲ್ಲಿ (58b)ಯ ಬಲಪಾರ್ಶ್ವವನ್ನು ಆದೇಶಿಸಿದಾಗ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ದ್ರವಗತಿವಿಜ್ಞಾನದ ಆಯ್ಲರ್ ಸಮೀಕರಣಗಳು ಲಭಿಸುತ್ತವೆ. ಇವು ತತ್ತ್ವಶಃ ಚಲನಸಮಸ್ಯೆಯ ಪೂರ್ಣಪರಿಹಾರವನ್ನು ಕೊಡುತ್ತವೆ. ಏಕೆಂದರೆ $g_{\alpha\beta}$ ದತ್ತವಾಗಿರುವುದರಿಂದ

$$p, \rho, \frac{dx_1}{ds}, \frac{dx_2}{ds}, \frac{dx_3}{ds}, \frac{dx_4}{ds}$$

ಎಂಬ ಆರು ಅಜ್ಞಾತಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು p ಮತ್ತು ρ ನಡುವಿನ ದತ್ತ ಸಮೀಕರಣ,

---

* ಅನಂತಸೂಕ್ಷ್ಮವಲಯವೊಂದರಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ನಿರ್ದೇಶತೆ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೊಂದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಮತ್ತು ಅದರೊಂದಿಗೆ ಚಲಿಸುವ ಒಬ್ಬ ವೀಕ್ಷಕನಿಗೆ ಶಕ್ತಿಸಾಂಕದ್ರ T_4^4, $\rho - p$ಗೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದು ρವನ್ನು ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ρ ಅಸಂಪೀಡನಶೀಲ ತರಲವೊಂದಕ್ಕೆ ನಿಯತಾಂಕವಲ್ಲ.

$$g_{\alpha\beta} \frac{dx_\alpha}{ds} \frac{dx_\beta}{ds} = 1$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣ ಮತ್ತು ಇವುಗಳ ಜೊತೆಗೆ (57a)ಯಲ್ಲಿರುವ ನಾಲ್ಕು ಸಮೀಕರಣಗಳು ಸಾಕಾಗುತ್ತವೆ. $g_{\mu\nu}$ ಗಳು ಕೂಡ ಅಜ್ಞಾತವಾಗಿದ್ದರೆ (53)ರ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. [(53)ರಲ್ಲಿರುವ] ಈ ಹನ್ನೊಂದು ಸಮೀಕರಣಗಳು ಹತ್ತು ಉತ್ಪನ್ನ $g_{\mu\nu}$ ಗಳನ್ನು ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸುವುದರಿಂದ ಈ ಉತ್ಪನ್ನಗಳು ಅತಿವ್ಯಾಖ್ಯಿತವಾಗಿವೆಯೆಂದು ಅನ್ನಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ (57a) ಯ [ನಾಲ್ಕು] ಸಮೀಕರಣಗಳು (53)ರ ಸಮೀಕರಣಗಳಲ್ಲೇ ಅಡಕವಾಗಿರುವುದರಿಂದ (53)ರವು ನಿಜಕ್ಕೂ [ಹತ್ತು $g_{\mu\nu}$ ಗಳ ಮೇಲಿರುವ] ಏಳು ಸ್ವತಂತ್ರ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ನೆನಪಿನಲ್ಲಿಡಬೇಕು. ಈ ಅನಿರ್ದಿಷ್ಟತೆಗೆ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಒಂದು ಕಾರಣ ಉಂಟು: ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಆಯ್ಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ವಿಪುಲ ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯ ಆಕಾಶದ ಉತ್ಪನ್ನ [$g_{\mu\nu}$]ಗಳ ಪೈಕಿ ಮೂರನ್ನು ಸ್ವೇಚ್ಛೆಯಾಗಿ ಆಯುವಷ್ಟರ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಸಮಸ್ಯೆ ಗಣಿತೀಯವಾಗಿ ಅನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ.*

§ 20 ಮುಕ್ತಾಕಾಶಕ್ಕೆ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಸಮೀಕರಣಗಳು

ϕ_ν ಎಂಬುದು ಒಂದು ಸಹಚರ ಸದಿಶದ—ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ವಿಭವ ಸದಿಶ—ಘಟಕಗಳಾಗಿರಲಿ. ಇವುಗಳಿಂದ, (36)ರ ಅನುಸಾರ, ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸಹಚರ ಷಟ್ಸದಿಶದ ಘಟಕ $F_{\rho\sigma}$ ಗಳನ್ನು,

$$F_{\rho\sigma} = \frac{\partial \phi_\rho}{\partial x_\sigma} - \frac{\partial \phi_\sigma}{\partial x_\rho} \qquad \text{....(59)}$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ನಿರೂಪಿಸುತ್ತೇವೆ. (59)ರಿಂದ

$$\frac{\partial F_{\rho\sigma}}{\partial x_\tau} + \frac{\partial F_{\sigma\tau}}{\partial x_\rho} + \frac{\partial F_{\tau\rho}}{\partial x_\sigma} = 0 \qquad \text{....(60)}$$

---

* $g = -1$ ಇರುವಂಥ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಆಯ್ಕೆಯನ್ನು ತ್ಯಜಿಸಿದಾಗ, ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಆಯ್ಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ನಾಲ್ಕು ಸ್ವೇಚ್ಛಾ ಉತ್ಪನ್ನಗಳಿಗೆ ಸಂವಾದಿಯಾಗಿ, ಆಕಾಶದ ನಾಲ್ಕು ಉತ್ಪನ್ನಗಳನ್ನು ಸ್ವೇಚ್ಛೆಯಾಗಿ ಆಯಲು ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯವಿರುತ್ತದೆ.

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ತೃಪ್ತವಾಗುವುದೆಂದು ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ. (37)ರ ಕಾರಣವಾಗಿ ಈ ಸಮೀಕರಣದ ಎಡಪಾರ್ಶ್ವ ಮೂರನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಒಂದು ಪ್ರತಿಸಮಾಂಗೀಯ ಟೆನ್ಸರ್ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ವ್ಯವಸ್ಥೆ (60) ಸಾರತಃ

$$\begin{aligned}
\frac{\partial F_{23}}{\partial x_4}+\frac{\partial F_{34}}{\partial x_2}+\frac{\partial F_{42}}{\partial x_3}&=0\\
\frac{\partial F_{34}}{\partial x_1}+\frac{\partial F_{41}}{\partial x_3}+\frac{\partial F_{13}}{\partial x_4}&=0\\
\frac{\partial F_{41}}{\partial x_2}+\frac{\partial F_{12}}{\partial x_4}+\frac{\partial F_{24}}{\partial x_1}&=0\\
\frac{\partial F_{12}}{\partial x_3}+\frac{\partial F_{23}}{\partial x_1}+\frac{\partial F_{31}}{\partial x_2}&=0
\end{aligned} \quad \ldots\text{(60a)}$$

ಎಂಬ ನಾಲ್ಕು ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದೆ.

ಇದು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಸಮೀಕರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಪೈಕಿ ಎರಡನೆಯದಕ್ಕೆ ಸಂವಾದಿ ಆಗಿದೆ. ಈ ಸಂಗತಿಯನ್ನು

$$\begin{aligned}
F_{23}&=H_x\,, & F_{14}&=E_x\\
F_{31}&=H_y\,, & F_{24}&=E_y\\
F_{12}&=H_z\,, & F_{34}&=E_z
\end{aligned} \quad \ldots\text{(61)}$$

ಎಂದು ಬರೆಯುವುದರ ಮೂಲಕ ಒಡನೆ ಗ್ರಹಿಸಬಹುದು. ಆಗ (60a)ಯ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ, ಮೂರು ಆಯಾಮಗಳ ಸದಿಶ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯ ಪರಿಚಿತ ಸಂಕೇತೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ,

$$\begin{aligned}
-\frac{\partial \vec{H}}{\partial t}&=\text{curl } \vec{E}\\
\text{div } \vec{H}&=0
\end{aligned} \quad \ldots\text{(60b)}$$

ಎಂಬುದಾಗಿ ಬರೆಯಬಹುದು.

ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ಲನ ಮೊದಲನೆಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಮಿಂಕೊವ್ಸ್ಕೀ ಅದಕ್ಕೆ

ಕೊಟ್ಟಿರುವ ರೂಪವನ್ನು ಸಾರ್ವತ್ರೀಕರಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. $F_{\alpha\beta}$ ಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿರುವ ಪ್ರತಿಚರ ಷಟ್ಸದಿಶ

$$F^{\mu\nu} = g^{\mu\alpha} \; g^{\nu\beta} \; F_{\alpha\beta} \qquad \text{....(62)}$$

ಎಂಬುದನ್ನೂ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಪ್ರತಿಚರ ಸದಿಶ J^{μ} ವನ್ನೂ ಪ್ರವೇಶಗೊಳಿಸುತ್ತೇವೆ. ಆಗ (40)ನ್ನು ಪರಿಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ (ನಾವು ಆಯ್ದಿರುವ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ) ನಿರ್ಧಾರಕ ಏಕಕವಾಗಿರುವ ಯಾವುದೇ ಪ್ರತಿಸ್ಥಾಪನೆಯಲ್ಲಿಯೂ

$$\frac{\partial}{\partial x_{\nu}} F^{\mu\nu} = J^{\mu} \qquad \text{....(63)}$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣಗಳು ಅಚರವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಈಗ

$$\begin{aligned} F^{23} &= H'_x, \; F^{14} = -E'_x \\ F^{31} &= H'_y, \; F^{24} = -E'_y \\ F^{12} &= H'_z, \; F^{34} = -E'_z \end{aligned} \qquad \text{....(64)}$$

ಆಗಿರಲಿ—ಸೀಮಿತ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತದ ವಿಶೇಷ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಈ ರಾಶಿ $[H_x', \dots E_z']$ಗಳು $H_x, \dots, E_z$ ರಾಶಿಗಳಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತವೆ—ಮತ್ತು

$$J^1 = j_x, \; J^2 = j_y, \; J^3 = j_z, \; J^4 = \rho$$

ಆಗಿರಲಿ ; ಆಗ (63)ರ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ

$$\begin{aligned} \frac{\partial \vec{E}'}{\partial t} + \vec{j} &= \text{curl } \vec{H}' \\ \text{div } \vec{E}' &= \rho \end{aligned} \qquad \text{....(63a)}$$

ಎಂಬುದನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಹೀಗೆ ಸಮೀಕರಣಗಳು (60), (62) ಮತ್ತು (63) ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ

ಆಯ್ಕೆಯ ಬಗೆಗೆ ನಾವು ಸ್ಥಾಪಿಸಿರುವ ಸಂಪ್ರದಾಯದಲ್ಲಿ, ಮುಕ್ತಾಕಾಶಕ್ಕೆ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಕ್ಷೇತ್ರಸಮೀಕರಣಗಳ ಸಾರ್ವತ್ರೀಕರಣವನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತವೆ.

ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಶಕ್ತಿ ಘಟಕಗಳು : ಈಗ ಒಳ ಗುಣಲಬ್ಧ

$$k_\sigma = F_{\sigma\mu} J^\mu \qquad \text{....(65)}$$

ಎಂಬುದನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತೇವೆ. ಮೂರು ಆಯಾಮಗಳ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬರೆದರೆ ಇದರ ಘಟಕಗಳು, (61)ರಿಂದ

$$\begin{aligned} k_1 &= \rho E_x + \left[\vec{j}\vec{H}\right]_x \\ &\text{-----------} \\ k_4 &= -\left(\vec{j}\vec{E}\right) \end{aligned} \qquad \text{....(65a)}$$

ಎಂದಾಗುತ್ತವೆ.

k_σ ಒಂದು ಸಹಚರ ಸದಿಶ. ಇದರ ಘಟಕಗಳು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ವಿದ್ಯುದ್ರಾಶಿಗಳಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಏಕಮಾನಕಾಲ ಮತ್ತು ಏಕಮಾನ ಘನಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ವರ್ಗಾಯಿಸಲಾದ ಋಣಾತ್ಮಕ ಸಂವೇಗಗಳು, ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಮವಾಗಿವೆ. ವಿದ್ಯುದ್ರಾಶಿಗಳು ಇಲ್ಲದಿರುವಾಗ $[J^\mu = 0]$, ಅಂದರೆ ಒಂದು ಶುದ್ಧ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ, ಸಹಚರ ಸದಿಶ k_σ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಶಕ್ತಿ-ಘಟಕ T_σ^ν ಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲು $k_\sigma = 0$ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ಸಮೀಕರಣ (57)ರ ರೂಪವನ್ನು ಕೊಟ್ಟರೆ ಸಾಕು, ಮೊದಲಾಗಿ ನಮಗೆ (63) ಮತ್ತು (65)ರಿಂದ

$$k_\sigma = F_{\sigma\mu} \frac{\partial F^{\mu\nu}}{\partial x_\nu} = \frac{\partial}{\partial x_\nu}\left(F_{\sigma\mu} F^{\mu\nu}\right) - F^{\mu\nu} \frac{\partial F_{\sigma\mu}}{\partial x_\nu}$$

ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಬಲಪಾರ್ಶ್ವದ ಎರಡನೆಯ ಪದ (60)ರ ಕಾರಣವಾಗಿ,

$$\begin{aligned} F^{\mu\nu} \frac{\partial F_{\sigma\mu}}{\partial x_\nu} &= -\frac{1}{2} F^{\mu\nu} \frac{\partial F_{\mu\nu}}{\partial x_\sigma} \\ &= -\frac{1}{2} g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta} F_{\alpha\beta} \frac{\partial F_{\mu\nu}}{\partial x_\sigma} \end{aligned}$$

ಎಂಬ ರೂಪಾಂತರಕ್ಕೆ ಎಡೆ ಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಕೊನೆಯ ಉಕ್ತಿಯನ್ನು ಸಮಾಂಗೀಯತೆಯ ಕಾರಣಗಳಿಂದಾಗಿ [ಮತ್ತು ಸಂಕಲನ ಸೂಚ್ಯಂಕಗಳನ್ನು ಯುಕ್ತವಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸುವುದರಿಂದ]

$$-\frac{1}{4}\left[g^{\mu\alpha}g^{\nu\beta}F_{\alpha\beta}\frac{\partial F_{\mu\nu}}{\partial x_\sigma}+g^{\mu\alpha}g^{\nu\beta}\frac{\partial F_{\alpha\beta}}{\partial x_\sigma}F_{\mu\nu}\right]$$

ಎಂಬ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕೂಡ ಬರೆಯಬಹುದು ಮತ್ತು ಇದನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಿ,

$$-\frac{1}{4}\frac{\partial}{\partial x_\sigma}\left(g^{\mu\alpha}g^{\nu\beta}F_{\alpha\beta}F_{\mu\nu}\right)+\frac{1}{4}F_{\alpha\beta}F_{\mu\nu}\frac{\partial}{\partial x_\sigma}\left(g^{\mu\alpha}g^{\nu\beta}\right)$$

ಎಂಬುದಾಗಿ ಬರೆಯಬಹುದು. ಈ ಪದಗಳ ಪೈಕಿ ಮೊದಲನೆಯದನ್ನು ಇನ್ನಷ್ಟು ಹ್ರಸ್ವವಾಗಿ

$$-\frac{1}{4}\frac{\partial}{\partial x_\sigma}\left(F^{\mu\nu}F_{\mu\nu}\right)$$

ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದು ; ಎರಡನೆಯದನ್ನು ಅವಕಲಿಸಿ [ಅನಂತರ (31)ನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ] ಕೊಂಚ ಹ್ರಸ್ವೀಕರಿಸಿದರೆ

$$-\frac{1}{2}F^{\mu\tau}F_{\mu\nu}g^{\nu\rho}\frac{\partial g_{\rho\tau}}{\partial x_\sigma}$$

ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಮೂರು ಪದಗಳನ್ನೂ ಒಟ್ಟಾಗಿ ತೆಗೆದುಕೊಂಡಾಗ

$$k_\sigma=\frac{\partial T_\sigma^\nu}{\partial x_\nu}-\frac{1}{2}g^{\tau\mu}\frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_\sigma}T_\tau^\nu \qquad \text{....(66)}$$

ಎಂಬ ಸಂಬಂಧ ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ

$$T_\sigma^\nu=-F_{\sigma\alpha}F^{\nu\alpha}+\frac{1}{4}\delta_\sigma^\nu F_{\alpha\beta}F^{\alpha\beta}$$

ಸಮೀಕರಣ (66), k_σ ಶೂನ್ಯವಾದಾಗ, (30)ರ ಕಾರಣವಾಗಿ, (57)ಕ್ಕೆ ಅಥವಾ (57a) ಗೆ ಸಮಾನವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ T_σ^ν ಗಳೇ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ

ಶಕ್ತಿ–ಘಟಕಗಳು. ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಈ ಶಕ್ತಿ–ಘಟಕಗಳು ಸುಪರಿಚಿತ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್–ಪಾಯಿಂಟಿಂಗ್ ಉಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಕೊಡುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು (61) ಮತ್ತು (64)ರ ನೆರವಿನಿಂದ ತೋರಿಸುವುದು ಸುಲಭ.

$\sqrt{-g}=1$ ಆಗಿರುವಂಥ ನಿರ್ದೇಶಕವ್ಯವಸ್ಥೆಯೊಂದನ್ನು ಏಕಪ್ರಕಾರವಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದಲೂ ದ್ರವ್ಯದಿಂದಲೂ ತೃಪ್ತಿಗೊಳಿಸಲ್ಪಡುವ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ನಿಗಮಿಸಿದ್ದಾಗಿದೆ. ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಹಚರತಾಪೇಕ್ಷೆಯ ಪಾಲನೆಯಲ್ಲಿ ವಿಫಲರಾಗದೆ, ಸೂತ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಗಣನೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಗಮನಾರ್ಹ ಸರಳೀಕರಣವನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಏಕೆಂದರೆ ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ವಿಶೇಷೀಕರಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕವಾಗಿ ಸಹಚರವಾದ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದಲೇ ಇಲ್ಲಿಯ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದೇವೆ.

ಹೀಗಿದ್ದಾಗ್ಯೂ, ನಿರ್ದೇಶಕವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ವಿಶೇಷೀಕರಿಸದೆಯೇ, ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರದಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯದ ಶಕ್ತಿ-ಘಟಕಗಳಿಗೆ ಯುಕ್ತವಾದ ಸಾರ್ವತ್ರೀಕೃತ ವ್ಯಾಖ್ಯೆಯ ಸಮೇತ, ಎಡಗಡೆ ಒಂದು ಅಪಸರಣೆಯೂ (ಸಾಧಾರಣ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ) ಬಲಗಡೆ ದ್ರವ್ಯ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವದ ಶಕ್ತಿ-ಘಟಕಗಳ ಮೊತ್ತವೂ ಬರುವಂತೆ ಸಮೀಕರಣ (56)ರ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಯಿತ್ವ ನಿಯಮಗಳನ್ನೂ, ಮತ್ತು (52)ರ ಅಥವಾ (52a)ಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಗುರುತ್ವದ ಕ್ಷೇತ್ರಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನೂ ಸೂತ್ರೀಕರಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾದಿತೇ ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ರೂಪ್ಯಕವಾದ ಆಸಕ್ತಿ ಇಲ್ಲದೇ ಇಲ್ಲ. ಉಭಯ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇದು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಹೀಗೆಯೇ ಇದೆ ಎಂಬುದಾಗಿ ನಾನು ಕಂಡುಕೊಂಡಿದ್ದೇನೆ. ಆದರೆ ಈ ವಿಷಯದ ಮೇಲೆ ಕೊಂಚ ವಿಸ್ತೃತವೇ ಆದ ನನ್ನ ಚಿಂತನೆಗಳನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುವುದು ಉಪಯುಕ್ತವಾದೀತೆಂದೇನೂ ನಾನು ಭಾವಿಸಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಹೇಗೂ ಅವು ನಮಗೆ ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಹೊಸತೇನನ್ನೂ ಕೊಡುವುದಿಲ್ಲ,

E

§ 21. ಮೊದಲ ಉಪಸಮತೆಯಾಗಿ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಸಿದ್ಧಾಂತ

ಈ ಹಿಂದೆಯೇ ಹೇಳಿರುವಂತೆ ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ವಿಶೇಷ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಾಗಿ $g_{\mu\nu}$ ಗಳಿಗೆ (4)ರಲ್ಲಿಯ ನಿಯತಾಂಕ ಮೌಲ್ಯಗಳಿರುವುದರಲ್ಲಿ ಲಕ್ಷಣಿತವಾಗಿದೆ. ಈ ಮೊದಲೇ ಹೇಳಿರುವ ಸಂಗತಿಯ ಪ್ರಕಾರ ಗುರುತ್ವ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಕಡೆಗಣಿಸಲಾಗಿದೆಯೆಂದು ಇದರ ಅರ್ಥ. ಈಗ $g_{\mu\nu}$ ಗಳಿಗೂ (4)ರ ಮೌಲ್ಯಗಳಿಗೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು 1ರೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿದಂತೆ ಅಲ್ಪರಾಶಿಗಳಾಗಿರುವಂಥ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು

ಪರಿಗಣಿಸಿ, ಎರಡನೆಯ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚಿನ ದರ್ಜೆಯ ಅಲ್ಪರಾಶಿಗಳನ್ನು ವರ್ಜಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ವಾಸ್ತವತೆಗೆ ಸಮೀಪತರವಾದ ಒಂದು ಉಪಸಮತೆಯನ್ನು ತಲಪುತ್ತೇವೆ. (ಉಪಸಮತೆಯ ಮೊದಲ ನಿಲವು).

ಹೀಗೆ ಮಾಡುವಾಗ, ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಆಕಾಶ–ಕಾಲ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳನ್ನು ಯುಕ್ತವಾಗಿ ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಆಕಾಶೀಯ ಅನಂತದಲ್ಲಿ $g_{\mu\nu}$ ಗಳು (4)ರಲ್ಲಿರುವ ಮೌಲ್ಯಗಳತ್ತ ಸರಿಯುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ಸಹ ಅಂಗೀಕರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ; ಅಂದರೆ ಸಾಂತವಲಯದಲ್ಲಿನ ದ್ರವ್ಯದಿಂದ ಉತ್ಪಾದಿತವಾದ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಇಲ್ಲಿ ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವೆ ಎಂದು ಅರ್ಥ.

ಈ ಉಪಸಮತೆಗಳೇ ನಮ್ಮನ್ನು ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಒಯ್ಯುತ್ತವೆಂದು ಅನ್ನಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಆ ಗುರಿಯತ್ತ ಸಾಗಲು ನಾವು ಮೂಲಭೂತ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಎರಡನೆಯ ಒಂದು ನಿಲವಿನಿಂದ ಇನ್ನೂ ಉಪಸಮಗೊಳಿಸುವುದು ಅಗತ್ಯವಾಗಿದೆ. (46)ರ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಅನುಸಾರವಾಗಿರುವ, ಒಂದು ದ್ರವ್ಯಬಿಂದುವಿನ ಚಲನೆಯತ್ತ ಈಗ ಗಮನ ಹರಿಸುತ್ತೇವೆ. ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತದ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ [ಈ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ]

$$\frac{dx_1}{ds}, \frac{dx_2}{ds}, \frac{dx_3}{ds}$$

ಎಂಬ ಘಟಕಗಳು ಯಾವುದೇ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಇದು ನಿರ್ವಾತದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಆಗಿರುವ

$$v=\sqrt{\left(\frac{dx_1}{dx_4}\right)^2+\left(\frac{dx_2}{dx_4}\right)^2+\left(\frac{dx_3}{dx_4}\right)^2}$$

ಎಂಬ ಯಾವ ವೇಗವಾದರೂ ಸಂಭವಿಸಬಹುದೆಂಬುದನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಬಹುತೇಕವಾಗಿ ನಮ್ಮ ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಬರುವ, ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದಲ್ಲಿ v ಅಲ್ಪವಾಗಿರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಗಮನವನ್ನು ಸೀಮಿತಗೊಳಿಸಿದಲ್ಲಿ, ಇದು

$$\frac{dx_1}{ds}, \frac{dx_2}{ds}, \frac{dx_3}{ds}$$

ಎಂಬ ಘಟಕಗಳನ್ನು ಅಲ್ಪರಾಶಿಗಳೆಂಬುದಾಗಿಯೂ, ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಅಲ್ಪರಾಶಿಗಳನ್ನು ಕಡೆಗಣಿಸಿದಾಗ $\frac{dx_4}{ds}=1$ ಎಂಬುದಾಗಿಯೂ, ಪರಿಗಣಿಸಬೇಕೆಂದು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ (ಉಪಸಮತೆಯ ಎರಡನೆಯ ನಿಲವು).

ಉಪಸಮತೆಯ ಮೊದಲ ನಿಲವಿನಿಂದ $\Gamma^{\nu}_{\mu\nu}$ ಪರಿಮಾಣಗಳೆಲ್ಲವೂ ಕನಿಷ್ಠ ಪಕ್ಷ ಮೊದಲ ದರ್ಜೆಯ ಅಲ್ಪ ಪರಿಮಾಣಗಳಾದರೂ ಆಗಿರಬೇಕೆಂದು ಗಮನಿಸುತ್ತೇವೆ. ಉಪಸಮತೆಯ ಎರಡನೆಯ ನಿಲವಿನಿಂದ, ಸಮೀಕರಣ (46)ರಲ್ಲಿ $\mu=\nu=4$ ಆಗಿರುವ ಪದಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಪರಿಗಣಿಸಬೇಕೆಂದು ಇದರ [(46)ರ] ಮೇಲೆ ಒಮ್ಮೆ ದೃಷ್ಟಿ ಹರಿಸಿದಾಗ ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ. ಕನಿಷ್ಠದರ್ಜೆಯ ಪದಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಗಮನಿಸಿದರೆ (46)ರ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಮೊದಲು

$$\frac{d^2 x_\tau}{dt^2} = \Gamma^{\tau}_{44}$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ, ಇಲ್ಲಿ $ds=dx_4=dt$ ಎಂಬುದಾಗಿ ಬರೆದಿದ್ದೇವೆ. ಇದನ್ನು ಉಪಸಮತೆಯ ಮೊದಲ ನಿಲವಿನ ಮಟ್ಟದಿಂದ ಮೊದಲ ದರ್ಜೆಯವಾಗಿರುವ ಪದಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಸೀಮಿತಗೊಳಿಸಿದರೆ, ಆಗ

$$\frac{d^2 x_\tau}{dt^2} = \left[44, \tau\right]; \ (\tau = 1, 2, 3)$$

$$\frac{d^2 x_4}{dt^2} = -\left[44, 4\right]$$

ಎಂಬವು ದೊರೆಯುತ್ತವೆ. ಅಲ್ಲದೆ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ದ್ರವ್ಯದ ಚಲನೆ (ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸಾರವೇಗದೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿದಂತೆ) ಅತಿ ನಿಧಾನವಾಗಿರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗೆ ನಮ್ಮ ಗಮನವನ್ನು ಸೀಮಿತಗೊಳಿಸಿ ಈ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಅರೆಸ್ಥೈತಿಕ ವೆಂದು ಭಾವಿಸುವುದಾದರೆ, ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಆಕಾಶನಿರ್ದೇಶಕಗಳನ್ನು ಕುರಿತ ಅವಕಲನಗಳೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿದಂತೆ ಕಾಲಾವಕಲನಗಳನ್ನು ಕಡೆಗಣಿಸಬಹುದು. ಆಗ ನಮಗೆ

$$\frac{d^2 x_\tau}{dt^2} = -\frac{1}{2}\frac{\partial g_{44}}{\partial x_\tau}, \ (\tau = 1, 2, 3) \tag{67}$$

ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಇದು ನ್ಯೂಟನ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ, $\frac{1}{2}g_{44}$ ಗುರುತ್ವವಿಭವ ವಾಗಿರುವ ದ್ರವ್ಯಬಿಂದುವಿನ ಚಲನಸಮೀಕರಣ. ಈ ಫಲಿತಾಂಶದಲ್ಲಿಯ ಗಮನಾರ್ಹ

ಅಂಶವೆಂದರೆ, ಮೊದಲ ಉಪಸಮತೆಯ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ, ಮೂಲಭೂತ ಟೆನ್ಸರಿನ ಘಟಕ g_{44} ಒಂದೇ ದ್ರವ್ಯಬಿಂದುವಿನ ಚಲನೆಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವುದಾಗಿದೆ.

ಈಗ (53)ರ ಕ್ಷೇತ್ರಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸುತ್ತೇವೆ. ಇಲ್ಲಿ "ದ್ರವ್ಯ"ದ ಶಕ್ತಿ–ಟೆನ್ಸರ್ ಬಹುತೇಕವಾಗಿ ದ್ರವ್ಯದ ಸಾಂದ್ರತೆಯೊಂದರಿಂದಲೇ — ಅಂದರೆ (58)ರ (ಅಥವಾ, ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ, (58a) ಅಥವಾ (58b)ಯ) ಬಲಪಾರ್ಶ್ವದ ಎರಡನೆಯ ಪದವೊಂದರಿಂದಲೇ — ನಿರ್ಧರಿತವಾಗುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಬೇಕು. ಈ ಉಪಸಮತೆಯಲ್ಲಿ $T_{44} = \rho = T$ ಎಂಬುದರ ವಿನಾ ಉಳಿದೆಲ್ಲ ಘಟಕಗಳೂ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತವೆ. (53)ರ ಎಡಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿ ಎರಡನೆಯ ಪದ ಎರಡನೆಯ ದರ್ಜೆಯ ಒಂದು ಅಲ್ಪ ರಾಶಿ. ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಉಪಸಮತೆಯಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆಯದು

$$\frac{\partial}{\partial x_1}\left[\mu\nu, 1\right] + \frac{\partial}{\partial x_2}\left[\mu\nu, 2\right] + \frac{\partial}{\partial x_3}\left[\mu\nu, 3\right] - \frac{\partial}{\partial x_4}\left[\mu\nu, 4\right]$$

ಎಂಬುದನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ $\mu = \nu = 4$ ಆದಾಗ ಇದು, ಕಾಲವನ್ನು ಕುರಿತು ಅವಕಲಿಸಿದ ಪದಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟರೆ,

$$-\frac{1}{2}\left(\frac{\partial^2 g_{44}}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 g_{44}}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2 g_{44}}{\partial x_3^2}\right) = -\frac{1}{2}\nabla^2 g_{44}$$

ಎಂಬುದನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ. (53)ರ ಸಮೀಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಕೊನೆಯದು ಹೀಗೆ

$$\nabla^2 g_{44} = k\rho \qquad \text{.... (68)}$$

ಎಂಬುದನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಸಮೀಕರಣಗಳು (67) ಮತ್ತು (68), ಒಟ್ಟು ಸೇರಿ ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಗುರುತ್ವನಿಯಮಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾಗಿವೆ.

(67) ಮತ್ತು (68)ರ ಪ್ರಕಾರ ಗುರುತ್ವ ವಿಭವದ ಉಕ್ತಿ

$$-\frac{k}{8\pi}\int\frac{\rho\, d\tau}{r}$$

ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ; ಇದಕ್ಕೆ, ನಾವು ಆಯ್ದಿರುವ ಕಾಲದ ಏಕಮಾನದಲ್ಲಿ, ನ್ಯೂಟನ್ನನ ಸಿದ್ಧಾಂತ

$$-\frac{K}{c^2}\int\frac{\rho\, d\tau}{r} \tag{68a}$$

ಎಂಬುದನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ K ಗುರುತ್ವನಿಯತಾಂಕವೆಂದು ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ 6.7×10^{-8}ನ್ನು ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಹೋಲಿಸಿದರೆ ನಮಗೆ

$$k=\frac{8\pi K}{c^2}=1\cdot87\times10^{-27} \quad \ldots(69)$$

ದೊರೆಯುತ್ತದೆ.

§ 22 ಸ್ಥೈತಿಕ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಸರಳುಗಳ ಮತ್ತು ಗಡಿಯಾರಗಳ ವರ್ತನೆ. ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳ ಬಾಗುವಿಕೆ. ಗ್ರಹಕಕ್ಷೆಯೊಂದರ ಪುರರವಿಯ ಚಲನೆ.

ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯಬಿಂದುವಿನ ಚಲನಸಮೀಕರಣದ ಮೊದಲ ಉಪ ಸಮತೆ (67)ರಲ್ಲಿ g_{44} ಮಾತ್ರ ಪ್ರವೇಶಿಸುವುದರಿಂದ, ನ್ಯೂಟನ್‌ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು [ಗುರುತ್ವ ಸಿದ್ಧಾಂತದ] ಮೊದಲ ಉಪಸಮತೆಯಾಗಿ ಪಡೆಯಲು, ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದ ಹತ್ತು ಘಟಕಗಳಾದ $g_{\mu\nu}$ಗಳ ಪೈಕಿ ಈ ಒಂದೇ ಒಂದು ಘಟಕವನ್ನು $[g_{44}]$ ಮಾತ್ರ ಗಣಿಸಬೇಕಾಯಿತು. ಇದರಿಂದ $g_{\mu\nu}$ವಿನ ಇತರ ಘಟಕಗಳಿಗೂ (4)ರಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಮೌಲ್ಯಗಳಿಗೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಮೊದಲ ದರ್ಜೆಯ ಅಲ್ಪರಾಶಿಗಳಾಗಿರಬೇಕೆಂಬುದು ಹೇಗೂ ಈಗಾಗಲೇ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿವೆ. $g=-1$ ನಿರ್ಬಂಧದಿಂದ ಇದು ಅವಶ್ಯಕವಾಗುತ್ತದೆ.

ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಮೂಲಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿರುವ ದ್ರವ್ಯಬಿಂದುವೊಂದರಿಂದ ಉತ್ಪಾದಿತವಾದ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಮೊದಲ ಉಪಸಮತೆಯ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ, ಅರೀಯ ಸಮಾಂಗೀಯತೆಯುಳ್ಳ,

$$\begin{aligned} g_{\rho\sigma} &= -\delta_{\rho\sigma}-a\frac{x_\rho x_\sigma}{r^3}, \left(\rho,\sigma=1,2,3\right) \\ g_{\rho4} &= g_{4\rho}=0 \\ g_{44} &= 1-\frac{a}{r} \end{aligned} \quad \cdots(70)$$

ಎಂಬ ಪರಿಹಾರ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ $\rho=\sigma$ ಅಥವಾ $\rho\neq\sigma$ ಆದಾಗ, ಅನುಕ್ರಮ

ವಾಗಿ $\delta_{\sigma\rho}$ವು 1 ಅಥವಾ 0, ಮತ್ತು r ಎಂಬುದು $+\sqrt{x_1^2+x_2^2+x_3^2}$ ಎಂಬ ರಾಶಿ ಆಗಿದೆ. ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು M ಸೂಚಿಸುವುದಾದರೆ (68a)ಯ ಕಾರಣವಾಗಿ

$$\alpha = \frac{kM}{4\pi} \qquad \text{.... (70a)}$$

ಆಗುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಪ ರಾಶಿಗಳ ಮೊದಲ ದರ್ಜೆಯ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ [(70)ರಲ್ಲಿರುವ ಪರಿಹಾರ ದಿಂದ] ಕ್ಷೇತ್ರ ಸಮೀಕರಣಗಳು (ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯಿಂದ ಹೊರಗೆ) ತೃಪ್ತವಾಗುತ್ತವೆಂದು ತಾಳಿ ನೋಡುವುದು ಸುಲಭ.

ಈಗ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ Mನಿಂದ ಜನಿಸಿದ ಕ್ಷೇತ್ರ, ಆಕಾಶದ ಮಾಪೀಯ ಗುಣಗಳ ಮೇಲೆ ಬೀರುವ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತೇವೆ.

$$ds^2 = g_{\mu\nu}\, dx_\mu\, dx_\nu$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣ, ಒಂದು ಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿಯ "ಸ್ಥಳೀಯವಾಗಿ" (§ 4) ಅಳೆದ ಉದ್ದ ಗಳು ಮತ್ತು ಕಾಲಗಳು dsನ್ನೂ ಇನ್ನೊಂದು ಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿಯ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸ dx_ν ಗಳನ್ನೂ ಸದಾ ಸಂಬಂಧಿಸುತ್ತವೆ.

ಉದಾಹರಣೆ, x ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ "ಸಮಾಂತರ"ವಾಗಿ ಇಡಲಾದ ಏಕಮಾನ ಉದ್ದಕ್ಕೆ $ds^2 = -1$, $dx_2 = dx_3 = dx_4 = 0$ ಎಂಬುದಾಗಿ ಬರೆಯಬೇಕು. ಆದ್ದರಿಂದ $-1 = g_{11}dx_1^2$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಜೊತೆಗೆ, ಏಕಮಾನ x ಅಕ್ಷದ ಮೇಲೆ ನೆಲಸಿರುವುದರಿಂದ (70)ರ ಮೊದಲ ಸಮೀಕರಣ

$$g_{11} = -\left(1 + \frac{\alpha}{r}\right)$$

ಎಂಬುದನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಮೊದಲ ದರ್ಜೆಯ ಅಲ್ಪರಾಶಿಗಳ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ

$$dx = 1 - \frac{\alpha}{2r} \qquad \text{.... (71)}$$

ಎಂಬುದು ಈ ಎರಡು ಸಂಬಂಧಗಳಿಂದ ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಏಕಮಾನ ಮಾಪ ಸರಳನ್ನು ಒಂದು ತ್ರಿಜ್ಯದ ನೇರ ಇರಿಸಲಾಗಿದ್ದರೆ ಅದು, ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದ ಕಾರಣದ ವಾಗಿ, ನಿರ್ದೇಶಕವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಕೊಂಚ ಸಂಕೋಚನಗೊಂಡಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ.

ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ, ಉದಾಹರಣೆಗೆ,

$$ds^2 = -1,\ dx_1 = dx_3 = dx_4 = 0;\ x_1 = r,\ x_2 = x_3 = 0$$

ಎಂದು ಬರೆದರೆ ಸ್ಪರ್ಶರೇಖೆಯ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳ ಉದ್ದವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. ಫಲಿತಾಂಶವಾಗಿ

$$-1 = g_{22}\ dx_2^2 = -dx_2^2 \qquad \text{....(71a)}$$

ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಬಿಂದುದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರ, ಸ್ಪರ್ಶರೇಖೆಯ ನೇರದಲ್ಲಿ ಸರಳು ಇರುವಾಗ ಅದರ ಉದ್ದದ ಮೇಲೆ ಯಾವ ಪ್ರಭಾವವನ್ನೂ ಬೀರುವುದಿಲ್ಲ.

ಹೀಗೆ ಒಂದೇ ಅಂತರಕ್ಕೆ ಸಂವಾದಿ ಆಗುವ ಆಕಾಶಾಂತರವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಒಂದೇ ಸರಳನ್ನು ಅದರ ಸ್ಥಾನ ಮತ್ತು ದಿಕ್ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ನಿರ್ಲಕ್ಷಿಸಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ್ದಾದರೆ ಯೂಕ್ಲಿಡ್ ಜ್ಯಾಮಿತಿ ಮೊದಲ ಉಪಸಮತೆಯ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಕೂಡ ಸಿಂಧುವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಹೀಗಿದ್ದರೂ, ವಸ್ತುತಃ (70a) ಮತ್ತು (69) ಇವುಗಳತ್ತ ಒಮ್ಮೆ ಕಣ್ಣು ಹಾಯಿಸಿದಾಗ ತಿಳಿದುಬರುವಂತೆ, ನಾವು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದಾದ [ಯೂಕ್ಲಿಡ್ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯಲ್ಲಿಯ] ವಿಚಲನೆಗಳು ಭೂಮಿಯ ತಲದ ಮೇಲೆ ಗಮನಕ್ಕೆ ಬಾರದಷ್ಟು ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಹಾಗೆಯೇ, ಸ್ಥೈತಿಕ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರವೊಂದರಲ್ಲಿ ವಿಶ್ರಾಂತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಶಿಷ್ಟ ಗಡಿಯಾರದ ದರವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸೋಣ. ಇಲ್ಲಿ ಗಡಿಯಾರದ ಒಂದು ಅವಧಿಗೆ $ds = 1$; $dx_1 = dx_2 = dx_3 = 0$. ಆದ್ದರಿಂದ

$$1 = g_{44}\ dx_4^2$$

$$dx_4 = \frac{1}{\sqrt{g_{44}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + g_{44} - 1}} = 1 - \frac{1}{2}\left(g_{44} - 1\right)$$

ಅಥವಾ

$$dx_4 = 1 + \frac{k}{8\pi}\int \frac{\rho\, d\tau}{r} \qquad \text{....(72)}$$

ಆಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಗಡಿಯಾರವನ್ನು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳ ಸನಿಹದಲ್ಲಿ ಇರಿಸಿದ್ದಾದರೆ ಅದು

ಹೆಚ್ಚು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಸರಿಯುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣವಾಗಿ ಬೃಹನ್ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಮೈಯಿಂದ ಹೊಮ್ಮಿ ನಮ್ಮನ್ನು ತಲಪುವ ಬೆಳಕಿನ ರೋಹಿತರೇಖೆಗಳು ರೋಹಿತದ ಕೆಂಪು ಕೊನೆಯತ್ತ ಸ್ಥಾನಾಂತರಿತವಾಗಿರುವಂತೆ ಕಾಣಬೇಕೆಂಬುದು ಅನುಗತವಾಗುತ್ತದೆ.*

ಈಗ ಸ್ಥೈತಿಕ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳ ಪಥವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸುತ್ತೇವೆ. ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ

$$-dx_1^2-dx_2^2-dx_3^2+dx_4^2=0$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ದೊರೆಯುವ ಕಾರಣ, ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಅದು

$$ds^2=g_{\mu\nu}\,dx_\mu\,dx_\nu=0 \qquad \text{....(73)}$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಈಗ, ಒಂದು ದಿಕ್ಕು ಅಂದರೆ ನಿಷ್ಪತ್ತಿ $dx_1 : dx_2 : dx_3$ ದತ್ತವಾಗಿದ್ದಲ್ಲಿ ಸಮೀಕರಣ (73)

$$\frac{dx_1}{dx_4},\ \frac{dx_2}{dx_4},\ \frac{dx_3}{dx_4}$$

ಎಂಬ ರಾಶಿಗಳನ್ನೂ, ಹಾಗೆಯೇ,

$$\sqrt{\left(\frac{dx_1}{dx_4}\right)^2+\left(\frac{dx_2}{dx_4}\right)^2+\left(\frac{dx_3}{dx_4}\right)^2}=\gamma$$

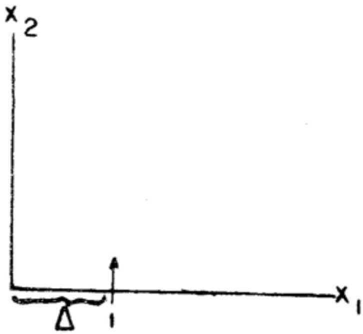
ಎಂಬ ಯೂಕ್ಲಿಡ್ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ವ್ಯಾಖ್ಯಿತವಾಗಿರುವ ವೇಗವನ್ನೂ, ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಈಗ $g_{\mu\nu}$ ಗಳು ನಿಯತಾಂಕಗಳಲ್ಲದಿದ್ದರೆ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳ ಪಥ ನಿರ್ದೇಶಕವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಬಾಗಿರಲೇಬೇಕೆಂದು ಸುಲಭವಾಗಿ ಗಮನಿಸುತ್ತೇವೆ. n ಎಂಬುದು ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸಾರ ನೇರಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಒಂದು ದಿಕ್ಕಾದರೆ

---

*ಇ. ಫ್ರಾಯಂಡ್‌ಲಿಖ್ ಅವರ ಪ್ರಕಾರ ಕೆಲವೊಂದು ಪ್ರರೂಪದ ಸ್ಥಿರನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಮೇಲೆ ಮಾಡಿದ ರೋಹಿತವೀಕ್ಷಣೆಗಳು ಈ ಬಗೆಯ ಒಂದು ಪರಿಣಾಮದ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ದೃಢಪಡಿಸಿವೆ. ಆದರೆ ಇದರ ನಿರ್ಣಾಯಕ ಪರೀಕ್ಷೆಯನ್ನು ಇನ್ನೂ ಮಾಡಿಲ್ಲ.

(γ, n) ಸಮತಲದಲ್ಲಿರುವ ಬೆಳಕಿನ ವಕ್ರತೆ $-\frac{\partial \gamma}{\partial n}$ ಆಗಿರಬೇಕೆಂದು ಹೈಜೆನ್ಸ್ ತತ್ತ್ವ ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.

ಇದರ ಅನಂತರ, ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ Mನ ಪಕ್ಕ Δ ದೂರದಲ್ಲಿ ಸಾಗಿದ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣವೊಂದರ ಪಥದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾದ ವಕ್ರತೆಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತೇವೆ. ನಿರ್ದೇಶಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ದೊರೆಯುವ ಚಿತ್ರದೊಡನೆ ಹೊಂದುವಂತೆ ಆಯ್ದುದಾದರೆ,



(ಮೂಲ ಬಿಂದುವಿನ ಕಡೆಗೆ ನಿಮ್ನವಾಗಿದ್ದರೆ ಧನಾತ್ಮಕವೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲ್ಪಟ್ಟ) ಬೆಳಕಿನ ಒಟ್ಟು ಬಾಗುವಿಕೆಯನ್ನು ಉಪಸಮತೆಯ ಸಾಕಷ್ಟು ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ

$$B = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\partial \gamma}{\partial x_1} dx_2$$

ಕೊಡುತ್ತದೆ; ಹಾಗೆಯೇ (73) ಮತ್ತು (70)

$$\gamma = \sqrt{\frac{-g_{44}}{g_{22}}} = 1 = \frac{\alpha}{2r}\left(1 + \frac{x_2^2}{r^2}\right)$$

ಎಂಬುದನ್ನು ಕೊಡುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಗಣನೆಯನ್ನು ನಿರ್ವಹಿಸಿದ ಬಳಿಕ,

$$B = \frac{2\alpha}{\Delta} = \frac{kM}{2\pi\Delta} \qquad \text{.... (74)}$$

ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ ಸೂರ್ಯನ ಪಕ್ಕ ಹಾಯ್ದುಹೋಗುವ ಬೆಳಕಿನ ಒಂದು ಕಿರಣ 1.7″ಗಳಷ್ಟೂ, ಗುರುಗ್ರಹದ ಪಕ್ಕ ಹಾಯ್ದುಹೋಗುವಂಥದು ಸುಮಾರು 0.02″ಗಳಷ್ಟೂ ಬಾಗುತ್ತವೆ

ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉಪಸಮತಿಯ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಗಣಿಸಿದ್ದಾದರೆ, ಮತ್ತು ಅದರಂತೆ [M ಗೆ] ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯುಳ್ಳ ಬಿಂದುವೊಂದರ ಕಕ್ಷಾಚಲನೆಯನ್ನು ಅಷ್ಟೇ ನಿಖರತೆಯಿಂದ ಗಣಿಸಿದ್ದಾದರೆ, ಗ್ರಹಚಲನೆಯ ಕೆಪ್ಲರ್–ನ್ಯೂಟನ್ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಬರುವ ಈ ಮುಂದಿನ ಬಗೆಯ ವಿಚಲನೆಯನ್ನು ಗಮನಿಸುತ್ತೇವೆ. ಗ್ರಹವೊಂದರ ಕಕ್ಷಾದೀರ್ಘವೃತ್ತ, ಚಲನೆಯ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ, ನಿಧಾನವಾಗಿ, ಅಂದರೆ ಒಂದು ಪರಿಭ್ರಮಣೆಯಲ್ಲಿ

$$\epsilon = \frac{24\pi^3 a^2}{T^2 c^2 (1-e^2)} \quad \ldots (75)$$

ಎಂಬಷ್ಟು, ಪರಿಭ್ರಮಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ a ಅರ್ಧದೀರ್ಘಾಕ್ಷ, c ಎಂದಿನ ಅಳತೆಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ, e ಉತ್ಕೇಂದ್ರತೆ ಮತ್ತು T ಸೆಕೆಂಡುಗಳಲ್ಲಿ ಪರಿಭ್ರಮಣಾವಧಿ ಇವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ.*

ಬುಧಗ್ರಹವನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ ಮಾಡಲಾದ ಗಣನೆ ಅದರ ಕಕ್ಷೆಗೆ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ 43″ಗಳಷ್ಟು ಪರಿಭ್ರಮಣೆಯನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ—ಇದು ಖಗೋಳವೈಜ್ಞಾನಿಕ ವೀಕ್ಷಣೆಗೆ ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ (ಲೆವೆರಿಯರ್); ಏಕೆಂದರೆ ಖಗೋಳವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಈ ಗ್ರಹದ ಪುರರವಿಯ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ, ಇತರ ಗ್ರಹಗಳಿಂದಾಗುವ ಕ್ಷೋಭೆಗಳಿಗೆ ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದ ಬಳಿಕವೂ, ವಿವರಿಸಲಾಗದ ಈ ಪರಿಮಾಣದ ಶೇಷವನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಿದ್ದಾರೆ.

**ಇಂಗ್ಲಿಷಿನಿಂದ ಕನ್ನಡಕ್ಕೆ ಅನುವಾದ ಮಾಡಿದವರು :

ಪ್ರೊ. ಕೆ. ಎನ್. ಶ್ರೀನಿವಾಸರಾವ್
ಡಾ. ಎ. ವಿ. ಗೋಪಾಲರಾವ್
ಶ್ರೀ ಜಿ. ಟಿ. ನಾರಾಯಣರಾವ್

---

* ಇದರ ಗಣನೆಗೆ ಮೂಲ ಪ್ರಬಂಧಗಳನ್ನು ನೋಡಿ : A. Einstein. Sitzungsber. d. Preuss Akad. d. Wiss., 1915 p. 831 ; K. Schwarzschild, *ibid.*, 1916, p. 189.

** *The Foundation of the General Theory of Relativity* English translation of the original German article *Die Grundlage der allgemeinen Ralativitatstheorie*, Annalen der physik , **49**, 1916, by A. Einstein.

German to English translation by W. Perret and G. B. Jeffery (Dover Publication, Inc., 1923)

ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಪದಕೋಶ

ಅಚರ invariant
ಅಜ್ಞಾತ unknown
ಅತಿಪರವಲಯ hyperbola
ಅದಿಶ scalar
ಅನಂತ infinite
ಅನಂತಸೂಕ್ಷ್ಮ infinitesimal
ಅನುಕಲ integral
ಅನುಕಲನ integration
ಅನುಭವಜನ್ಯ empirical
ಅಪರಭಾವಿ a posteriori
ಅಪರವಿ aphelion
ಅಪಸರಣ divergence
ಅಭಿಗೃಹೀತ postulate
ಅಭಿಜಾತ classical
ಅರೆಸ್ಥೈತಿಕ quasistatic
ಅರ್ಧದೀರ್ಘಾಕ್ಷ semimajor axis
ಅವಕಲ differential
ಅವಕಲನ differentiation
ಅವಕಲನಾಂಕ differential coefficient
ಅಸಂಪೀಡನಶೀಲ incompressible
ಅಸಮತೆ inequality
ಆಕಾಶ space
ಆಕರ್ಷಣೆ attraction
ಆದ್ಯುಕ್ತಿ axiom
ಆಯಾಮ dimension
ಅರೀಯ radial
ಆವರ್ತನೆ rotation
ಉತ್ಕೇಂದ್ರತೆ eccentricity
ಉತ್ಪನ್ನ function
ಉಪಪ್ರಮೇಯ lemma
ಉಪಸಮ approximate
ಉಷ್ಣಾಪಾರಕ adiabatic
ಏಕಕ unity
ಏಕಕಾಲಿಕತೆ simultaneity
ಏಕಮಾನ unit
ಏಕರೀತಿ uniform
ಒಳಗುಣಲಬ್ಧ inner product
ಓಟ gradient
ಕಕ್ಷೆ orbit
ಕಾಯ body
ಕಾರಣತೆ causality
ಕಾಲ time
ಕ್ರಮಚಯ permutation
ಕ್ಷೇತ್ರ field
ಗಣಿತೋಪಕರಣಗಳು mathematical aids
ಗಾತ್ರ volume, size
ಗಾತ್ರಧಾತು volume element
ಗಾತ್ರಾದಿಶ volume scalar
ಗುರುತ್ವ gravitation
ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆ gravitational attraction
ಘಟಕ component
ಘಟನೆ event
ಘನಗಾತ್ರ volume
ಚಕ್ರೀಯ cyclic
ಚತುಸ್ಸದಿಶ four-vector
ಚರ variable
ಚಿಹ್ನೆ sign
ಜಡತೆ inertia
ಜ್ಞಾನಮೀಮಾಂಸೆ epistemology
ತತ್ತ್ವ principle
ತರಲ fluid
ದರ್ಜೆ rank
ದಿಕ್ಕೋಟಿಜ್ಯಾ direction cosine
ದಿಕ್ಸ್ಥಿತಿ orientation
ದೀರ್ಘವೃತ್ತ ellipse

ದೀರ್ಘವೃತ್ತಕಲ್ಪ ellipsoid
ದೃಢವಸ್ತು rigid body
ದ್ರವಗತಿವಿಜ್ಞಾನ hydrodynamics
ದ್ರವ್ಯ matter
ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ mass
ಧಾತು element
ನವಜಾತ modern
ನಿಗಮನ deduction
ನಿಮ್ನ concave
ನಿಯತ constant
ನಿಯಮ law
ನಿರ್ದೇಶಕ coordinate
ನಿರ್ಧಾರಕ determinant
ನಿರ್ಬಂಧ condition
ನಿಷ್ಪತ್ತಿ ratio
ನಿಷ್ಪನ್ನ derivative
ಪದ term
ಪಥ path
ಪರಿಕರ್ಮ operation
ಪರಿಕಲ್ಪನೆ concept
ಪರಿಭ್ರಮಣೆ revolution
ಪರಿಮಾಣ magnitude
ಪರಿವರ್ತನೆ transformation
ಪರಿಹಾರ solution
ಪುರರವಿ perihelion
ಪುರಸ್ಕೃತ privileged
ಪೂರ್ವಭಾವಿ a priori
ಪ್ರತಿಚರ contravariant
ಪ್ರತಿಲೋಮನ inversion
ಪ್ರತಿಸಮಾಂಗೀಯ antisymmetric
ಪ್ರತಿಸ್ಥಾಪನೆ replacement, substitution
ಪ್ರತೀಕ symbol
ಪ್ರಮೇಯ proposition, theorem
ಪ್ರರೂಪ type
ಬಲ force
ಬಲವಿಜ್ಞಾನ mechanics
ಬಿಂದು point
ಬೇಕು necessary
ಭೂರೇಖೆ geodesic
ಮಾಪನೆ measurement
ಮುಕ್ತ free
ಮೂಲಬಿಂದು origin
ಮೂಲಭೂತ fundamental
ರಾಶಿ quantity, mass
ರೂಪಣೆ formation
ರೂಪ್ಯಕ formal
ರೇಖಾಧಾತು linear element
ರೇಖಾಸಮಘಾತೀಯ linearly homogeneous
ರೇಖೀಯ linear
ರೋಹಿತ spectrum
ವಕ್ರತೆ curvature
ವಲಯ region
ವಿಕ್ಷೇಪ projection
ವಿಚರಣೆ variation
ವಿಚಲನೆ deviation
ವಿದ್ಯಮಾನ phenomenon
ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ಬಲ electromagnetic force
ವಿದ್ಯುದ್ಗತಿವಿಜ್ಞಾನ electrodynamics
ವಿಧಿ rule
ವಿಭವ potential
ವಿಶೇಷ special
ವಿಶ್ವ universe
ವೇಗ velocity
ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ acceleration
ವ್ಯವಸ್ಥೆ system
ವ್ಯಾಖ್ಯೆ definition
ವ್ಯಾಪ್ತಿ range
ಶಕ್ತಿ energy
ಶಿಷ್ಟ standard
ಶುದ್ಧಗತಿವಿಜ್ಞಾನ kinematics

ಷಟ್ಸದಿಶ six-vector
ಸಂಕೇತ code
ಸಂಕೇತೀಕರಣ notation
ಸಂಕೋಚನ contraction
ಸಂಕ್ರಮಣ transition
ಸಂಜ್ಞೆ signal
ಸಂಪೀಡನೆ compression
ಸಂಪ್ರದಾಯ convention
ಸಂಮರ್ದ pressure
ಸಂವಾದಿ corresponding
ಸಂವೇಗ momentum
ಸಾಂತ finite
ಸಾಂದ್ರತೆ density
ಸದಿಶ vector
ಸನ್ನಿಕಟಾಸನ್ನತೆ immediate neighbourhood
ಸಮ equal
ಸಮಜಾತೀಯ homogeneoous
ಸಮತಲ plane
ಸಮಾಂಗೀಯತೆ symmetry
ಸಮಾಂತರ paralell
ಸಮಾನ equivalent
ಸರಳಚಲನೆ translation
ಸರ್ವಸಮತೆ identity
ಸಹಚರತೆ covariance
ಸಹಾಪವರ್ತನ cofactor
ಸಾಕು sufficient
ಸಾಂಖ್ಯಿಕ numerically
ಸಾತತ್ಯ continuum
ಸಾಧನೆ proof
ಸಾಪೇಕ್ಷತೆ relativity
ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ general
ಸಿದ್ಧಾಂತ theory
ಸೂಚ್ಯಂಕ index
ಸೂತ್ರೀಕರಣ formulation
ಸ್ತಬ್ಧ stationary
ಸ್ಪರ್ಶರೇಖೆ tangent
ಸ್ಥಾಯಿತ್ವ conservation
ಸ್ಥಿರಾಂಕ constant
ಸ್ಥೈತಿಕ static
ಸ್ವೀಕೃತ ಭಾವನೆ assumption
ಹೊರಗುಣಲಬ್ಧ outer product
ಹ್ರಸ್ವೀಕರಣ reduction

ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವಾಣಿ

ನ್ಯೂಯಾರ್ಕ್ ನಗರದ ಸಂಡೇ ಸ್ಕೂಲಿನ ಆರನೆಯ ತರಗತಿಯಲ್ಲಿದ್ದ ಒಬ್ಬಳು ಹೆಣ್ಣುಮಗು, ತನ್ನ ಶಿಕ್ಷಕಿಯ ಪ್ರೋತ್ಸಾಹದ ಮೇರೆಗೆ, ಆಗ ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್ನಿನಲ್ಲಿದ್ದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರಿಗೆ, 1936 ಜನವರಿ 19ರಂದು ಒಂದು ಕಾಗದ ಬರೆದು, ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಪ್ರಾರ್ಥನೆ ಸಲ್ಲಿಸುವರೇ ಮತ್ತು ಸಲ್ಲಿಸುವುದಾದಲ್ಲಿ ಯಾವುದನ್ನು ಕುರಿತು ಸಲ್ಲಿಸುವರು ಎಂಬುದಾಗಿ ಕೇಳಿದಳು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ 1936 ಜನವರಿ 24ರಂದು ಮಾರೋಲೆ ಬರೆದರು.

> ನಿನ್ನ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ನನ್ನ ಅನಿಸಿಕೆಗಳನ್ನು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಷ್ಟು ಸರಳವಾಗಿ ಬರೆಯಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿದ್ದೇನೆ. ಇಲ್ಲಿದೆ ನನ್ನ ಉತ್ತರ:
>
> ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಘಟನೆಯೂ ನಿಸರ್ಗನಿಯಮಗಳಿಂದ ನಿರ್ಧರಿತವಾಗಿರುವುದೆಂಬ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಆಧರಿಸಿ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಂಶೋಧನೆ

ನಿಂತಿದೆ ಎಂಬೇ ಇದು ಮನುಷ್ಯವರ್ತನೆಗಳನ್ನು ಕುರಿತು ಕೂಡ ಅಷ್ಟೇ ನಿಜವಾಗಿದೆ. ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಹೀಗಿರುವಾಗ, ಪ್ರಾರ್ಥನೆ ಸಲ್ಲಿಸಿ—ಪರಾತ್ಪರ ವಸ್ತುವೊಂದಕ್ಕೆ ನಮ್ಮ ಇಚ್ಛೆಯನ್ನು ನಿವೇದಿಸಿ—ಘಟನೆಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರಬಹುದೆಂಬುದನ್ನು ಒಬ್ಬ ಸಂಶೋಧಕ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಗಂಭೀರ ವಾಗಿ ಏನೂ ಪರಿಗಣಿಸಲಾರ.

ಆದರೆ ಈ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಕುರಿತ ನಮ್ಮ ವಾಸ್ತವಜ್ಞಾನ ಕೇವಲ ಅಪರಿಪೂರ್ಣ ಮತ್ತು ಆಂಶಿಕ ಎಂಬುದನ್ನು ಒಪ್ಪಿಕೊಳ್ಳಲೇಬೇಕು. ಹೀಗಾಗಿ, ವಸ್ತುತಃ, ಮೂಲಾಧಾರವಾದ ಸರ್ವಪರಿಗ್ರಾಹಿ ನಿಸರ್ಗ ನಿಯಮಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವದ ಬಗೆಗಿನ ವಿಶ್ವಾಸವಾದರೂ ಒಂದು ತರಹದ ಭರವಸೆಯ ಮೇಲೆಯೇ ನೆಲಸಿರುವುದಾಗಿದೆ. ಇಂತಿದ್ದರೂ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಗೆ ಈತನಕ ಒದಗಿರುವ ಯಶಸ್ಸು ಈ ಭರವಸೆಯನ್ನು ಬಲು ಮಟ್ಟಿಗೆ ಸಮರ್ಥಿಸಿದೆ.

ಇತ್ತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಅನ್ವೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಗಾಢವಾಗಿ ಮಗ್ನನಾಗಿರುವ ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬನಿಗೂ ವಿಶ್ವದ ನಿಯಮಗಳ ಹಿಂದೆ ಒಂದು ಚೇತನ ಸ್ಪಂದಿಸು ತ್ತಿದೆಯೆಂಬ ಭಾವ ದೃಢಪಡುತ್ತದೆ ಅದೆಂಥ ಚೇತನ? ಮಾನವನದ್ದ ಕ್ಕಿಂತ ಅದೆಷ್ಟೋ ಅಧಿಕತ್ರಾಣಿ ಚೇತನ! ಶೀರ ಪರಿಮಿತ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ವಂತರಾದ ನಾವು ಮನುಷ್ಯರು ಅದರ ಸಾನ್ನಿಧ್ಯದಲ್ಲಿ ವಿನೀತರಾಗುವು ದೊಂದೇ ಶರಣು. ಹೀಗೆ ವಿಜ್ಞಾನದ ಅನ್ವೇಷಣೆ ವಿಶಿಷ್ಟ ಬಗೆಯ ಒಂದು ಧಾರ್ಮಿಕ ಭಾವನೆಯತ್ತ ನಮ್ಮನ್ನು ಒಯ್ಯುತ್ತದೆ. ಈ ಭಾವನೆ ಮುಗ್ಧ ವ್ಯಕ್ತಿಯೊಬ್ಬನ ಧಾರ್ಮಿಕ ಶ್ರದ್ಧೆಗಿಂತ ಪೂರ್ತಿ ಬೇರೆಯೇ ಆದದ್ದು.

ಹೈಸೆನ್‌ಬರ್ಗ್ ಅವರ ಅನಿರ್ಧರಣೀಯತಾತತ್ತ್ವ ಮತ್ತು ಶಕಲ ಬಲವಿಜ್ಞಾನದ ಪ್ರಕಾರ ನಿಸ್ಸೃಷ್ಟ ನಿರ್ಧರಣೆಯನ್ನು ನಿರಾಕರಿಸುವ ಸಂಭಾವ್ಯತಾವ್ಯಾಖ್ಯಾನ ಪ್ರಕಟ ಗೊಂಡು ಒಂದು ದಶಕ ಸಂದಬಳಿಕ ಈ ಕಾಗದವನ್ನು ಬರೆಯಲಾಗಿತ್ತು ಎಂಬುದನ್ನಿಲ್ಲಿ ಸ್ಮರಿಸುವುದು ಅಗತ್ಯ.

ಅನು: ಜಿ. ಟಿ. ಎಸ್.

ಡಾ. ಎಂ. ನಾಗರಾಜ್

ಅವಕಲ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ಸ್ಪಿನರುಗಳು ಮತ್ತು ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ ಸಾಪೇಕ್ಷಸಿದ್ಧಾಂತ

ಇದೇ ಶತಮಾನದ ಎರಡನೆಯ ದಶಕದಲ್ಲಿ ಅವಕಲ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ರಂಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಆಂದೋಳನವೆದ್ದಿತು. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣರಾದ ಗಣಿತಜ್ಞರಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದವನು ಫ್ರಾನ್ಸ್ ದೇಶದ ಮಹಾನ್ ಗಣಿತಜ್ಞ ಏಲಿ ಕಾರ್ತಾನ್ (Élie Cartan). ಪ್ಯಾರಿಸ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದಲ್ಲಿ ಗಣಿತದ ಪ್ರಾಚಾರ್ಯನಾಗಿದ್ದು ಅನೇಕ ಅನ್ವೇಶಣೆಗಳ ಕರ್ತೃವಾಗಿದ್ದನು. ಈ ಅನ್ವೇಶಣೆಗಳ ಘನತೆ ಮತ್ತು ಉಪಯುಕ್ತತೆಗಳು ಇಗೀಗ ಮನದಟ್ಟಾಗುತ್ತಿವೆ. ಕಾರ್ತಾನನು ಗಣಿತಕ್ಕೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಕೊಡುಗೆಗಳು ಈ ಶತಮಾನದ ಅಗ್ರಗಣ್ಯತಜ್ಞರಲ್ಲಿ ಅಗ್ರನನ್ನಾಗಿಸಿವೆ. ಇವನ ಸೃಷ್ಟಿಯೇ ಸ್ಪಿನರುಗಳು.

1913ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶಿತವಾದ ಲೇಖನವೊಂದರಲ್ಲಿ[1] ಕಾರ್ತಾನನು ಸ್ಪಿನರುಗಳನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸಿದನು. ಇದಾದ ಹದಿನಾಲ್ಕು ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಜರ್ಮನಿಯ ಖ್ಯಾತ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ವೊಲ್ಫಗಾಂಗ್ ಪೌಲಿಯು (Wolfgang Pauli) ಸ್ಪಿನರುಗಳಿಗೂ ಭೌತ ಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೂ ಇರುವ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತನ್ನ[2] ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ವಿಷದಪಡಿಸಿದನು. ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿಯೇ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರರಂಗದಲ್ಲಿ ಈಗ ಬಹಳ ಖ್ಯಾತಿ ಪಡೆದಿರುವ "ಪೌಲಿ ಮಾತೃಕೆಗಳ" ಜನನವಾದದ್ದು.

ಮರುವರ್ಷ, ಅಂದರೆ 1928ರಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ಬಹು ಮುಖ್ಯ ಘಟನೆ ಜರುಗಿತು. ಇಂಗ್ಲೆಂಡಿನ ಕೇಂಬ್ರಿಜ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದ ಪ್ರತಿಭಾನ್ವಿತ ಗಣಿತಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನೂ ಶಕ್ತ್ಯಣುಶಾಸ್ತ್ರ(Quantum Theory) ಮತ್ತು ಶಕ್ತ್ಯಣುರಂಗಶಾಸ್ತ್ರ(Quantum Field Theory)ಗಳಿಗೆ ಬುನಾದಿ ಹಾಕಿದವನೂ ಆದ ಪಾಲ್ ಏಡ್ರಿಯನ್ ಮೊರೀಸ್ ಡಿರಾಕನು (Paul Adrian Maurice Dirac) ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳ (Electrons) ಸಾಪೇಕ್ಷ ರೂಪರೇಖೆಗಳನ್ನು (Relativistic properties) ವಿವರಿಸಿದನು.[3] ಇದೇ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ (Albert Einstein) ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅಡಿಗಲ್ಲುಗಳಾದ ಲೋರೆಂಟ್ಸ್ ಬದಲಿಕೆಗಳಿಗೂ

(Lorentz Transformations) ಕಾರ್ತಾನನ ಸ್ಪಿನರುಗಳಿಗೂ ಇರುವ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು.

ಈ ಘಟನೆಗಳನಂತರ ಸ್ಪಿನರುಗಳು ಕೇವಲ ಅವಕಲ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯರಂಗಕ್ಕೇ ಸೀಮಿತವಲ್ಲವೆಂಬ ವಿಷಯ ಗೋಚರವಾಯಿತು. ಇವುಗಳು ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೇ ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಹಾಗೂ ಸಂಯೋಜಿತ ರಂಗದ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೂ (Relativity Theory of the Unified field) ಸಮಂಜಸವಾದ ಗಣಿತದ ಸಾಧನವೆಂಬ ನಂಬಿಕೆ ಗಣಿತಜ್ಞರಲ್ಲಿಯೂ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಬೇರೂರಿತು.

ಈ ನಂಬಿಕೆಯ ಪೂರ್ಣ ಸಫಲತೆ ಇನ್ನೂ ನಮಗೆ ದೊರಕಿಲ್ಲ. ಈ ಸಾಫಲ್ಯತೆಯ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಅನ್ವೇಶಣೆಗಳು ನಡೆದಿವೆ ಮತ್ತು ನಡೆಯುತ್ತಿವೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಸ್ಪಿನರುಗಳು ವಹಿಸುವ ರೂಪ ಮತ್ತು ಪಾತ್ರಗಳೇನು ? ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಉತ್ತರ ಹುಡುಕಲು ಹೊರಟ ಸಂಶೋಧಕರಲ್ಲಿ ಕಾರ್ತಾನನು ಮೊದಲನೆಯವನು. ಈ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಅವನು ಈ ಶತಮಾನದ ಮೂರನೆ ದಶಕದಲ್ಲಿ ಮೊದಲುಮಾಡಿದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಅವನ ಮರಣದವರೆಗೆ (ಎಂದರೆ 1944ರವರೆಗೆ) ನಡೆದವು. ಇದಾದ ನಂತರ 1960ರವರೆಗೆ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷಸಿದ್ಧಾಂತ ಮತ್ತು ಸ್ಪಿನರುಗಳು ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳೇನೂ ಅಷ್ಟಾಗಿ ನಡೆಯಲಿಲ್ಲ. ಆಕ್ಸ್‌ಫರ್ಡ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದ ರಾಜಿರ್ ಪೆನ್‌ರೊಸ್ (Rager Penrose) ಎಂಬ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತಿಯು 1960ರಿಂದೀಚೆಗೆ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ಈ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಮತ್ತೆ ಮೊದಲು ಮಾಡಿದ್ದಾನೆ.

ಸಂಯೋಜಿತ ರಂಗದ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಸ್ಪಿನರುಗಳು ವಹಿಸುವ ಪಾತ್ರವನ್ನು ಖ್ಯಾತ ಗಣಿತಜ್ಞ ಫಾಸ್ಲಾಫ್ ಹ್ಲವಾಟಿ (Vaclav Hlavaty') ತನ್ನ ಮೂರು ಲೇಖನಗಳಲ್ಲಿ ಸಾದರಪಡಿಸಿದ್ದಾನೆ. (ಲೇಖನ 4), 5) ಮತ್ತು 6)ನ್ನು ನೋಡಿರಿ.) ಸಂಯೋಜಿತರಂಗದ ವಿದ್ಯುತಯಸ್ಕಾಂತ ಭಾಗವು (Electromagnetic field) ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕರಂಗವನ್ನು (Gravitational Field) ಯಾವ ಯಾವ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಉಂಟುಮಾಡಲಾರದು ಎಂಬುದನ್ನು ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದಾನೆ.[7] ಈ ಪ್ರಮೇಯವು ರೇನಿಚ್ (G. Y. Rainich) ವ್ಹೀಲರ್ (J. A. wheeler) ಮತ್ತು ಮೀಸ್ನರ್ (Ch. Misner) ವಿರಚಿತ " ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ಬಲಗತಿ ವಿಜ್ಞಾನ " (Geometrodynamics)ದಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಒಂದು ಅಸ್ತಿತ್ವ ಪ್ರಮೇಯವೆಂಬ ವಿಷಯ ಇಲ್ಲಿ ಗಮನಾರ್ಹ.

ಸ್ಪಿನರುಗಳು ಎಂದರೆ ಏನು? ಅವುಗಳ ರೂಪರೇಖೆಗಳೇನು? ಎಂಬ ಕೆಲವು ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಉತ್ತರಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನವನ್ನು ನಾನು ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದ್ದೇನೆ.

ಈ ಲೇಖನವನ್ನು ಆಗು ಮಾಡಿಕೊಟ್ಟ ಗೆಳೆಯ ಡಾ। ಎಚ್. ಸಂಜೀವಯ್ಯನವರಿಗೆ ನನ್ನ ಧನ್ಯವಾದಗಳನ್ನೊಪ್ಪಿಸಬಯಸುತ್ತೇನೆ.

ಈ ಲೇಖನವು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ ಜನ್ಮಶತಾಬ್ಧಿಯ ಜ್ಞಾಪಕಾರ್ಥವಾಗಿ ಬರೆದದ್ದು. ಆತನ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಜ್ಞಾನದ ಗೌರೀಶಂಕರ. ಅದರ ತಪ್ಪಲಿನಲ್ಲಿ ಬೆಳೆಯುತ್ತಿರುವ ಪುಷ್ಪಕೋಟಿಗಳಲ್ಲೊಂದು ಈ ಲೇಖನ. ಇದನ್ನು ನಮ್ರತೆಯಿಂದ ಅವನಿಗೆ ಅರ್ಪಣೆ ಮಾಡಿದ್ದೇನೆ.

1. ಸ್ಪಿನರುಗಳು

$$P \equiv P\,(z^1, z^2, z^3)$$
$$Q \equiv Q\,('z^1, 'z^2, 'z^3)$$

C^3 ನಲ್ಲಿರುವ ಯಾವುದೇ ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳಾಗಿರಲಿ. P ಮತ್ತು Qಗಳ ನಡುವಣ ಮಿಶ್ರಿತ ಯೂಕ್ಲಿಡಂತರವನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ವರ್ಗರೂಪ ಕೊಡುತ್ತದೆ.

$$(1.1)\ (a)\quad F(P, Q) \equiv (z^1 - 'z^1)^2 + (z^2 - 'z^2)^2 + (z^3 - 'z^3)^2$$

ಇಲ್ಲಿ F ಮಿಶ್ರಿತ ಬೆಲೆಯುಳ್ಳದೆಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ಗಮನಿಸಿರಿ. Q ಬಿಂದುವನ್ನು ಆದ್ಯ ಬಿಂದುವಾಗಿ ತೆಗೆದುಕೊಂಡಾಗ, $F(P, Q)$ನ ಬೆಲೆ

$$(1\cdot1)\ (b)\quad F\,(P,\ Q) \equiv z^{1^2} + z^{2^2} + z^{3^2}$$

ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ. (1.1) bಇಂದ ದತ್ತವಾಗುವ ಸಮೀಕರಣ

$$(1\cdot1)\ (c)\quad F\,(P,\ Q) \equiv z^{1^2} + z^{2^2} + z^{3^2} = 0$$

ನಮ್ಮ ಮುಂದಿನ ನಿರೂಪಣೆಗೆ ಉಪಯುಕ್ತವಾದದು. (1.1) (c)ನಲ್ಲಿರುವ ಈ ಸಮೀಕರಣ C^3ದರಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲ ಸಮಸಂಕ್ರಮಣ ಸದಿಶಗಳನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುತ್ತದೆ. $\mathbf{u} \equiv (z^1,\ z^2,\ z^3) = C^3$ ನಲ್ಲಿರುವ ಸಮಸಂಕ್ರಮಣ ಸದಿಶವಾದರೆ ಅದರ ಘಟಕಗಳಾದ z^1, z^2, z^3ಗಳು ಸಮೀಕರಣ (1.1) (c)ಅನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ z^3ರ ಮಿಶ್ರಿತ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಹೀಗೆ ಬರೆಯಬಹುದು.

$$(1\cdot2)\quad z^3 = \pm i\left(z^{1^2} + z^{2^2}\right)^{\frac{1}{2}} = \pm(-z_1 - iz_2)^{\frac{1}{2}}\ (z^1 - iz_2)^{\frac{1}{2}};\ (i = +\sqrt{-1})$$

(1.2)ರಿಂದ ಬರುವ z^3ರ ಬೆಲೆಯನ್ನು ξ^1 ಮತ್ತು ξ^2 ಎಂಬ ಎರಡು ಮಿಶ್ರಿತ ಬೆಲೆಯುಳ್ಳ ಪ್ರಾಚಲಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಕೆಳಕಂಡಂತೆ ಬರೆಯಲು ಸಾಧ್ಯ :

$$(1\cdot3)\quad (a)\quad \xi^1 \mathbf{def} \pm \left(\frac{z^1 - iz^2}{2}\right)^{\frac{1}{2}},\ \xi^2\ \mathbf{def} = \pm\left(\frac{-z^1 - iz^2}{2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$(1.3)\ (b)\quad z^3 = \pm 2\ \xi^1\ \xi^2$$

ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ಕೆಳಕಂಡ ಸಮೀಕರಣಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ.

$$(1.4)\quad \begin{cases} z^1 = \xi_1^2 - \xi_2^2 \\ z^2 = i\,(\xi_1^2 + \xi_1^2 \xi_2^2) \\ z^3 = \pm 2\ \xi^1\ \xi^2 \end{cases}$$

(1.3) ಮತ್ತು (1.4)ರಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವ ಬಹುಮುಖ್ಯ ವಿಷಯಗಳೆಂದರೆ: (1) ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸಮಸಂಕ್ರಮಣ ಸದಿಶವು ಎರಡು ಮಿಶ್ರಿತಬೆಲೆಯ ಪ್ರಾಚಲಗಳನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟೀಕರಿಸುತ್ತದೆ. (2) ಪ್ರತಿ ಮಿಶ್ರಿತಬೆಲೆಯ ಪ್ರಾಚಲದ್ವಯವು ಒಂದು ಸಮಸಂಕ್ರಮಣ ಸದಿಶವನ್ನು C^3ದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸುತ್ತದೆ. (3) ಮಿಶ್ರಿತಬೆಲೆಯ ಪ್ರಾಚಲದ್ವಯಗಳು + ಅಥವಾ— ಚಿಹ್ನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರಬಹುದು. ಈ ಋಣ ಚಿಹ್ನೆಯು ಯಾವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನಾಗಲಿ ಹೊಂದಿಲ್ಲ.

ವಿಷಯ ನಿರೂಪಣೆ (1.1)

ಪ್ರತಿ ಕ್ರಮಬದ್ಧ ಮಿಶ್ರಿತ ಬೆಲೆಯ ಪ್ರಾಚಲದ್ವಯವನ್ನು 2–ಸ್ಪಿನರು (2–Spinor) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸಮಸಂಕ್ರಮಣ ಸದಿಶವು (ξ^1, ξ^2) ಮತ್ತು ($-\xi$,$-\xi^2$) ಎಂಬ ಎರಡು ಮಿಶ್ರಿತ ಬೆಲೆಯ ಪ್ರಾಚಲದ್ವಯಗಳನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ, (ξ^1, ξ^2) ಮತ್ತು ($-\xi^1$,$-\xi^2$) ಎಂಬ ಎರಡು ಮಿಶ್ರಿತ ಬೆಲೆಯ ಪ್ರಾಚಲದ್ವಯಗಳು ಏಕೈಕ ಸಮಸಂಕ್ರಮಣ ಸದಿಶವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ವಿಷಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಬಹು ಮುಖ್ಯವಾದುದಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದೆ. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪರಿಚಯ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳೋಣ.

ಸುಮಾರು ಇನ್ನೂರು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಲಗ್ರಾಂಜ್ (1. Lagrange) ಎಂಬ ಫ್ರೆಂಚ್ ಗಣಿತಜ್ಞ ನ್ಯೂಟನನ ಬಲಗತಿ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರಮೇಯವನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದನು. ಅದು ಈ ರೀತಿ ಇದೆ: "ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಚಲನೆಯೂ ಸ್ಥಾನ ವೀಕ್ಷಣೀಯ (Position Observable) ಮತ್ತು ಸಂವೇಗ ವೀಕ್ಷಣೀಯಗಳೆಂಬ (Momentum Observable) ಎರಡು ಪರಿಮಾಣಕಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ." ಈ ಪ್ರಮೇಯದಲ್ಲಿ ಬರುವ ಸಂವೇಗ ವೀಕ್ಷಣೀಯಗಳು ಎರಡು ರೀತಿಯವು. ಒಂದು ಸರಳಸಂವೇಗ (Linear Momentum), ಮತ್ತೊಂದು ಕೋಣೀಯ ಸಂವೇಗ (Angular Momentum). ಲಗ್ರಾಂಜನ ಪ್ರಮೇಯದ ಪ್ರಕಾರವಾಗಿ ಅಥವ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಚಲನೆ ಹೇಗೆ ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ? ಯಾವುದೇ ಆದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಚಲನ ಮತ್ತು ವಿಭವಶಕ್ತಿಗಳ ಮೊತ್ತವು ಯಾವಾಗಲು ನಿಯತ

ವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಎರಡು ರೀತಿಯ ಶಕ್ತಿಗಳು ಒಂದರಿಂದ ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಬದಲಾವಣೆಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದ ಚಲನೆಯ (ಸ್ಥಾನ ಬದಲಾವಣೆಯ) ಅರಿವು ಆಗುವುದು. ನ್ಯೂಟನನ ಬಲಗತಿ ವಿಜ್ಞಾನದ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವೆಂದರೆ ಈ ಬದಲಾವಣೆಯು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ನಡೆಯುವುದೇ ಆಗಿದೆ. ಇಂತಹ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಶಕ್ತಿಯ ವರ್ಗಾವಣೆಯಿಂದ ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಬದಲಾವಣೆಗೆ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವರ್ಗಾವಣೆಯೇ ಮೂಲಕಾರಣ. ಶಕ್ತಿಯ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವರ್ಗಾವಣೆಯನ್ನು ಅಲ್ಲಗಳೆದವನು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್ ಪ್ಲಾಂಕ್ (Max Planck) ಎಂಬ ಜರ್ಮನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿ. ಅವನು 1900ರಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದುದು ಹೀಗೆ:

> "ಯಾವುದೇ ಯಾಂತ್ರಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯ ವರ್ಗಾವಣೆಯಾಗುವುದು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಅಲ್ಲ. ಈ ವರ್ಗಾವಣೆಯು ಶಕ್ತ್ಯಾಣುಗಳೆಂಬ ಅವಿಭಾಜ್ಯ ಶಕ್ತಿಕಣಗಳನ್ನು ವರ್ಗಾಯಿಸುವುದರಿಂದು ಆಗುತ್ತದೆ."

ಪ್ಲಾಂಕನ ಶಕ್ತ್ಯಾಣುಶಾಸ್ತ್ರವು ಈ ಬೋಧದ ಮೇರೆಗೆ ನಿರ್ಮಿತವಾಯಿತು. ಈ ಶಕ್ತ್ಯಾಣುಶಾಸ್ತ್ರವು ಒಂದು ಬಲಗತಿ ವಿಜ್ಞಾನವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಾಡಾಗಲು 25 ವರ್ಷಗಳು ಬೇಕಾದವು. ಈ ಹೊಸ ವಿಜ್ಞಾನ 1925ರ ಸುಮಾರಿಗೆ ಡಿರಾಕ್ (Dirac) ದಬ್ರೋಲಿ (De Broglie) ಹೈಸೆನ್‌ಬರ್ಗ್ (Heisenburg) ಮತ್ತು ಶ್ರೋಡಿಂಗರ್ (Schrodinger) ಇವರುಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಜನಿಸಿತು.

ಶಕ್ತ್ಯಾಣು ಬಲಗತಿ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಹೈಸೆನ್‌ಬರ್ಗನ ಅನಿರ್ದಿಷ್ಟತಾ ತತ್ವವೇ ಅಡಿಗಲ್ಲು. ಈ ತತ್ವವನ್ನು ಪ್ವಸೊನ್ ಬ್ರಾಕೆಟ್ಟುಗಳಿಂದ ಬರುವ ವಿನಿಮಯ ನಿಯಮಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿದವನು ಡಿರಾಕ್. ಇದರ ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ನೋಡೋಣ. R^3 ಯೂಕ್ಲಿಡನ ಮೂರು ವಿಮಿತಿಯುಳ್ಳ ವಾಸ್ತವಾವರಣವೆಂದು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿ. ಇದರಲ್ಲಿ (x, y, z) ಕಾರ್ತೆಸೀಯ ಲಂಬಕೋನೀಯ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳು ಕೋನೀಯ ಸಂವೇಗ ಸದಿಶವನ್ನು (ವೀಕ್ಷಣೀಯವನ್ನು) $\mathbf{m}$ ಎಂದೂ, ಅದರ ಘಟಕಗಳನ್ನು $m_x, m_y, m_z,$ ಎಂದು ಕರೆಯೋಣ. ಈ ಘಟಕಗಳು ಕೆಳಕಂಡ ವಿನಿಮಯ ನಿಯಗಳನ್ನು ಪಾಲಿಸುತ್ತವೆ:

$$(1.5)\quad \begin{cases} m_x m_y - m_y m_z = i\hbar[m_x, m_y] = i\hbar m_z \\ m_y\, m_z - m_z\, m_y = i\hbar[m_y, m_z] = i\hbar m_x \\ m_z\, m_x - m_x\, m_z = i\hbar[m_z, m_x] = i\hbar m_y \end{cases}$$

1.5)ರಲ್ಲಿ ಬರುವ ಬ್ರಾಕೆಟ್ಟುಗಳೇ ಪ್ವಸೊನ್ ಬ್ರಾಕೆಟ್‌ಗಳು. ವಿನಿಮಯ

ನಿಯಮಗಳು ಸರಳ ಪ್ರಕ್ರಿಯ ರೂಪಗಳ (Linear Operators) ಒಂದು ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯ. ಆದುದರಿಂದ ಈ ಕೋನೀಯ ಸಂವೇಗಸದಿಶದ ಘಟಕಗಳನ್ನು ಒಂದು ತಕ್ಕನಾದ ಸರಳಾವರಣದ ಸರಳ ಪ್ರಕ್ರಿಯರೂಪಗಳೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವೆ? ಹೀಗೆ ಪರಿಗಣಿಸಿದಾಗ, ಸರಳಾವರಣದ ಸದಿಶಗಳನ್ನು ಭೌತಿಕವಾಗಿ ಹೇಗೆ ವಿವರಿಸಬೇಕು? ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಕೇಳಿದವನು ಡಿರಾಕ್.

ನ್ಯೂಟನನ ಬಲಗತಿ ವಿಜ್ಞಾನದ ರಂಗಸ್ಥಳ ಪರಿಮಿತವಿಮಿತಿಯುಳ್ಳ ಸ್ಥಳ ಸಂವೇಗಾವರಣ (Phase Space). ಈ ಆವರಣದ ಬಿಂದುಗಳು ಒಂದು ಯಾಂತ್ರಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ಅದರ ಸ್ಥಳ ಮತ್ತು ಸಂವೇಗಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ವಿವರಿಸುತ್ತವೆ. ವೀಕ್ಷಣೀಯಗಳಾದ ಸ್ಥಳ ಮತ್ತು ಸಂವೇಗಗಳ ಏಕಕಾಲೀಯ ಮಾಪನವನ್ನು ಯಾವ ಕ್ರಮದಲ್ಲಾದರೂ ಮಾಡಬಹುದು ಎಂಬುದೇ ನ್ಯೂಟನನ ಬಲಗತಿವಿಜ್ಞಾನದ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯ. ಆದರೆ ಹೈಸೆನ್‌ಬರ್ಗ್‌ನ ಅನಿರ್ದಿಷ್ಟತಾ ತತ್ವದ ಬಗೆಗೆ ಇದು ಸಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಈ ತತ್ವದ ಪ್ರತಿಪಾದನೆ ಹೀಗಿದೆ : ಯಾವುದೇ ಯಾಂತ್ರಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಸ್ಥಳ ಮತ್ತು ಸಂವೇಗಗಳ ಏಕಕಾಲೀಯ ಮಾಪನವನ್ನು ಕ್ರಮವಾಗಿ Δx ಮತ್ತು Δpಗಳಷ್ಟರ ತಥ್ಯದಲ್ಲಿ ಮಾಡಿಸಿದರೆ,

$$\Delta x . \Delta p \gtrsim \hbar$$

ಎಂಬ ನಿಯಮವನ್ನು ಪಾಲಿಸಬೇಕು. ಇಲ್ಲಿ $\hbar$ ಬಹಳ ಚಿಕ್ಕದಾದ ಒಂದು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ನಿಯತ. ನ್ಯೂಟನನ ಬಲಗತಿವಿಜ್ಞಾನದ ಏಕಕಾಲೀಯ ಮಾಪನ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವನ್ನು ಅಲ್ಲಗಳೆಯಬೇಕಾದರೆ ಎರಡು ವಿಷಯಗಳ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇದೆ. (1) ಸ್ಥಳ ಅಥವ ಸಂವೇಗಮಾಪಕಗಳು ದತ್ತಯಾಂತ್ರಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೊಡನೆ ಪರಸ್ಪರ ವರ್ತಿಸಿ ತಾಂತ್ರಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಅವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಬದಲಿಸಬೇಕು. (2) ಈ ಬದಲಾವಣೆಗೆ ಕಾರಣವೆಂದರೆ ಮಾಪಕಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ಮಾಪನೀಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಶಕ್ತ್ಯಾಣುಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ವರ್ಗಾವಣೆಯಾಗಬೇಕು. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಗಣಿತದ ಭಾಷೆಗೆ ಅನುವಾದಮಾಡಿದ ಹಿರಿಮೆ ಡಿರಾಕನದು. ನ್ಯೂಟನನ ಬಲಗತಿವಿಜ್ಞಾನದ ಪರಿಮಿತವಿಮಿತಿಯ ಸ್ಥಾನ ಸಂವೇಗಾವರಣವನ್ನು ಆತ ಒಂದು ಅನಂತ ವಿಮಿತಿಯ ಮಿಶ್ರಿತ ಹಿಲ್ಬರ್ಟಾವರಣದಿಂದ ಬದಲಿಸಿದನು. ಸ್ಥಳ ಮತ್ತು ಸಂವೇಗ ವೀಕ್ಷಣೀಯಗಳು ಈ ಹಿಲ್ಬರ್ಟಾವರಣದ ಮೇಲೆ ನಿರೂಪಿತವಾದ ಹರ್ಮಿಟನ ಪ್ರಕ್ರಿಯಾರೂಪಗಳಾದವು. ಹಿಲ್ಬರ್ಟಾವರಣದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಒಂದು ವಿಮಿತಿಯುಳ್ಳ ಉಪಾವರಣವು ದತ್ತಯಾಂತ್ರಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಸ್ಥಿತಿ (ಅಥವ ಅವಸ್ಥೆ)ಯನ್ನು ರೂಪಿಸುವಂತಾಯಿತು. ಪ್ರಕ್ರಿಯಾರೂಪಕಗಳ ಲಾಕ್ಷಣಿಕ ಬೆಲೆಗಳೂ ಮತ್ತು ಅವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಲಾಕ್ಷಣಿಕ ಸದಿಶಗಳೂ (ಹಿಲ್ಬರ್ಟಾವರಣದಲ್ಲಿನ ಸದಿಶಗಳು ಇವು ಎಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ನಾವು ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟಿರಬೇಕು.) ಡಿರಾಕನ ಶಕ್ತ್ಯಾಣು ಬಲಗತಿವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಬಹುಮುಖ್ಯ

ಪಾತ್ರವನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ. ಪ್ರಕ್ರಿಯಾರೂಪಕಗಳು ಹರ್ಮಿಟನ ಗುಣಹೊಂದಿರುವ ಕೋನೀಯ ಸಂವೇಗ ವೀಕ್ಷಣೀಯಗಳಾದ m_x, m_y, m_z ಆದಾಗ ಒಂದು ಹೊಸ ವಿಷಯ ಬೆಳಕಿಗೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಪ್ರಮೇಯವನ್ನು (ಕೆಳಗೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಪ್ರಮೇಯ (1.2)ನ್ನು ನೋಡಿರಿ) ನಿಗಮನ ಮಾಡಿದವನು ಡಿರಾಕನೇ.

ಪ್ರಮೇಯ (1.2)

ಕೋನೀಯ ಸಂವೇಗ ವೀಕ್ಷಣೀಯ ಸದಿಶ $\mathbf{m} \equiv (m_x, \ m_y, \ m_z)$ನ ಲಾಕ್ಷಣಿಕ ಬೆಲೆಗಳು $0, \ \frac{1}{2}\hbar, \ h, \ \frac{3}{2}\hbar, \ 2\hbar, \ldots\ldots$ (ಲಾಕ್ಷಣಿಕ ಬೆಲೆಗಳು $\pm\left(\frac{2K+1}{2}\right)\hbar$ ಅಥವ $\pm K\hbar$, $K=0, 1, 2, 3, \ldots\ldots$) ಲಾಕ್ಷಣಿಕ ಬೆಲೆಯು Kh ಆಗಿರಲಿ. $\mathbf{R}^3$ರಲ್ಲಿರುವ ದತ್ತಯಾಂತ್ರಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಅಪ್ರದಕ್ಷಿಣೆಗೆ ಒಳಮಾಡಿರಿ. ಆಗ (ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುವ) ಹಿಲ್ಬರ್ಟ್‌ಾವರಣದ ಯಾವುದೇ ಸದಿಶವು ಬದಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಲಾಕ್ಷಣಿಕ ಬೆಲೆಯು $\pm\frac{1}{2}(2K+1)\ \hbar$ ಆದಲ್ಲಿ ಪೂರ್ಣ ಅಪ್ರದಕ್ಷಿಣೆಯಿಂದ ಹಿಲ್ಬರ್ಟ್‌ಾವರಣದ ಸ್ಥಿತಿ ನಿರೂಪಣಾ ಸದಿಶವು ತನ್ನ ಋಣ ಚಿಹ್ನೆಯನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತದೆ. (ಇದರಿಂದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುವ ಹಿಲ್ಬರ್ಟ್‌ಾವರಣದ ಏಕ ವಿಮಿತಿಯ ಉಪಾವರಣವು ಹಾಗೆಯೇ ಉಳಿಯುವುದು ಎಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ನಾವು ಇಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸಬೇಕು.)

ಈ ಪ್ರತಿಪಾದನೆಯಿಂದ ಕೆಲವು ಬಹು ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯಗಳು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತವೆ. 1. ಕೋನೀಯ ಸಂವೇಗ ಪ್ರಕ್ರಿಯಾರೂಪಕ ಸದಿಶ $\mathbf{m}$ ಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಪೂರ್ಣ ಲಾಕ್ಷಣಿಕ ಬೆಲೆಯು $\frac{1}{2}(2K+1)$ ಆದಾಗ $(K=0,1,2,3,\ldots\ldots)$ ಯಾಂತ್ರಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಸ್ಥಿತಿಯು ಒಂದು ಸಂಪೂರ್ಣ ಅಪ್ರದಕ್ಷಿಣೆಇಂದ ಯಾವ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನೂ ಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲ. 2. ಆದರೆ ಆ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುವ ಹಿಲ್ಬರ್ಟ್‌ಾವರಣದ ಸದಿಶದ ಋಣ ಚಿಹ್ನೆಯು ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ. 3. ಆದ್ದರಿಂದ ಇಂತಹ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಯಾಂತ್ರಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೂ ಒಂದು ಆಂತರಿಕ ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯವನು ಹೊಂದಿದೆ. 4. ಈ ಆಂತರಿಕ ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯ ಬಾಹ್ಯ ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯ (R^3ರಲ್ಲಿ)ವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಅದರ ಮೇಲೆ ಯಾವ ಪ್ರಭಾವವನ್ನೂ ಹೊಂದಿಲ್ಲ.

ವಿಷಯ ನಿರೂಪಣೆ (1.3)

ಕೋನೀಯ ಸಂವೇಗದ ಬಾಹ್ಯ ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯಕ್ಕೆ ಸೇರಿದ್ದು **ಕೋನೀಯ ಪಥ ಸಂವೇಗ.** ಆಂತರಿಕ ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯಕ್ಕೆ ಸೇರಿದ್ದು **ತಿರುಗಣಿ** ಅಥವಾ **ಸ್ಪಿನ್.** (ಆಂಗ್ಲ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಕೋನೀಯ ಪಥ ಸಂವೇಗ = Orbital angular momentum ತಿರುಗಣಿ = Spin or Spin angular momentum. ಕನ್ನಡ

ದಲ್ಲಿ ಸ್ಪಿನ್ ಎಂಬ ಶಬ್ಧ ಈಗ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗುತ್ತಿರುವುದರಿಂದ ಇದನ್ನೂ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ್ದೇನೆ.)

ಸ್ಪಿನ್ನನ್ನು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ಕಾಣಲು ಸಾಧ್ಯ? ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ಶ್ಟೆರ್ನ್ ಮತ್ತು ಗೆರ್‌ಲಾಖ್ ಎಂಬ ಇಬ್ಬರು ಜರ್ಮನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ನಡೆಸಿದ ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗವೇ ಉತ್ತರ. ಸಮರೂಪದ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಮೂಲಕ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳ ಧಾರೆಯು ಸರಳರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಹಾದು ಹೋದಾಗ ಈಧಾರೆಯು ಇಬ್ಭಾಗವಾಗಿ ಕವಲೊಡೆಯುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಕವಲು ಕ್ಷೇತ್ರದ ಉತ್ತರ ಧೃವದ ಕಡೆಗೂ ಮತ್ತೊಂದು ದಕ್ಷಿಣ ಧೃವದ ಕಡೆಗೂ ಧಾವಿಸುತ್ತವೆ. ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳ ಆಂತರಿಕ ಭೌತ (ಸ್ವಾತಂತ್ರ) ಗುಣವಾದ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಮಹತ್ವದೊಡನೆ ಅಂತರ್ ಕ್ರಿಯೆಗೊಳಗಾಗುವುದರಿಂದ ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತದೆ.

ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳ ತಿರುಗಣಿಯನ್ನು R^3ರಲ್ಲಿ $\mathbf{n}\equiv(n_x, n_y, n_z)$ಗಳ ಎಂದು ರೂಪಿಸಿದರೆ, ಘಟಕಗಳಾದ n_x, n_y, n_zಗಳು ಹಿಲ್ಬರ್ಟಾವರಣದ ಮೂರು ಸರಳ ಪ್ರಕ್ರಿಯಾ ರೂಪಕಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ಮತ್ತು ಇವು (1,5)ರಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ವಿನಿಮಯ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಪಾಲಿಸುತ್ತವೆ.

$$(1.6)\quad \begin{cases} n_y\, n_z - n_z\, n_y = i\hbar\, [n_y\, n_z] = i\hbar\, n_x \\ n_z\, n_x - n_x\, n_z = i\hbar\, [n_z, n_x] = i\hbar\, n_y \\ n_x\, n_y - n_y\, n_x = i\hbar\, [n_x, n_y] = i\hbar\, n_z \end{cases}$$

R^3ರಲ್ಲಿನ ಸದಿಶ $\mathbf{n}$ ಮತ್ತು ಹಿಲ್ಬರ್ಟಾವರಣದ ಮೇಲೆ ನಿರೂಪಿತವಾದ ಪ್ರಕ್ರಿಯಾ ರೂಪಕ $\mathbf{n}$ ಇವುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಬಂಧವೇನು? ಇದನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ಕಾರ್ತಾನನ ಸ್ಪಿನರುಗಳು ಸಹಾಯಕವಾಗುತ್ತವೆ.

ಮಿಶ್ರಿತ ಯೂಕ್ಲಿಡಾವರಣ C^3ರಲ್ಲಿನ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಮಿಶ್ರಿತ ಸದಿಶವನ್ನು ಒಂದು ಮಾತೃಕೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬರೆಯಲು ಸಾಧ್ಯ. ಉದಾ: $\mathbf{u}\equiv(u^1, u^2, u^3) \in C^3$. ಕೆಳಕಂಡ ಮಾತೃಕೆಯು $\mathbf{u}$ನ ಘಟಕಗಳಿಂದ ಬರೆಯಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದು :

$$(1.7)\quad U=\begin{pmatrix} u^3, & u^1-iu^2 \\ u^1+iu^2, & -u^3 \end{pmatrix}$$

ಇದರ ನಿರ್ಧಾರಕದ ಬೆಲೆ—$[{u^1}^2+{u^2}^2+{u^3}^2]=-$($\mathbf{u}$ನ ಯೂಕ್ಲಿಡೀಯ ಉದ್ದದ ವರ್ಗ). ಈ ಮಾತೃಕೆಯು ಹರ್ಮಿಟೀಯ ಹೊಂದುವಳಿಕೆಯದಾಗಿದೆ (Hermitean Symmetric). ಈ ಮಾತೃಕೆಯನ್ನು

$$(1.8)\quad \begin{cases} U = u^1\,\sigma_1 + u^2\,\sigma_2 + u^3\,\sigma_3 \\ \sigma_1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix},\ \sigma_2 = \begin{pmatrix} 0, & -i \\ i, & 0 \end{pmatrix},\ \sigma_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \end{cases}$$

ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದು. (1.8)ರಲ್ಲಿ ಬರುವ σ_1, σ_2, σ_3ಗಳನ್ನು ಪೌಲಿ ಮಾತೃಕೆಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಈ ಮೂರು ಮಾತೃಕೆಗಳು C^3ರ ಆಧಾರದ ಒಂದು ರೂಪಕವೆಂಬ ವಿಷಯ ಈಗ ವೇದ್ಯವಾದ ವಿಷಯ.

ಪೌಲಿ ಮಾತೃಕೆಗಳ ವಿನಿಮಯ ನಿಯಮಗಳು ಈ ರೀತಿ ಇವೆ:

$$(1.9)\quad \begin{cases} \sigma_2\,\sigma_3 - \sigma_3\,\sigma_2 = 2\,i\sigma_1 \\ \sigma_3\,\sigma_1 - \sigma_1\,\sigma_3 = 2\,i\sigma_3 \\ \sigma_1\,\sigma_2 - \sigma_2\,\sigma_1 = 2\,i\sigma_3 \end{cases}$$

(1.6) ಮತ್ತು (1.9) ಇವುಗಳಿಂದ ವೇದ್ಯವಾಗುವ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ n_x, n_y, n_z ಗಳನ್ನು ಪೌಲಿ ಮಾತೃಕೆಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬರೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯ:

$$(1.10)\quad n_x = \frac{\hbar}{2}\,\sigma_1,\quad n_y = \frac{\hbar}{2}\sigma_2,\quad n_y = \frac{\hbar}{2}\sigma_3$$

ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ರೂಪಿತವಾದ ಹಿಲ್ಬರ್ಟ್‌ಾವರಣದ ಪ್ರಕ್ರಿಯಾರೂಪಗಳಾದ n_x, n_y, n_zಗಳ ರೂಪರೇಖೆಗಳನ್ನು σ_i $(i=1,2,3)$ ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತವೆ. ಹಿಲ್ಬರ್ಟ್‌ಾವರಣದ ಪ್ರಕ್ರಿಯಾರೂಪಗಳಾದ σ_i ಗಳ ಲಾಕ್ಷಣಿಕ ಬೆಲೆಗಳು ± 1. ಆದ್ದರಿಂದ n_x, n_y, n_zಗಳ ಲಾಕ್ಷಣಿಕ ಬೆಲೆಗಳು $\pm\frac{\hbar}{2}$

R^3ರಲ್ಲಿಯ ಯಾವುದೇ ದಿಶೆಯ ದಿಕ್ಕೊಸೈನುಗಳು $l\,;\,m\,;\,n$ ಎಂದಿರಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ಕಣದ ತಿರುಗಣೆಯನ್ನು ಈ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಕೆಳಕಂಡಂತೆ ಬರೆಯಬಹುದು.

$$N = \frac{\hbar}{2}(l\sigma_1 + m\sigma_2 + n\sigma_3) = \frac{\hbar}{2}\begin{pmatrix} n, & l-im \\ l+im, & -n \end{pmatrix}$$

N ಹಿಲ್ಬರ್ಟ್‌ಾವರಣದ ಮೇಲೆ ರೂಪಿತವಾದ ಪ್ರಕ್ರಿಯಾರೂಪಕ ಭೌತಿಕವಾಗಿ ಕಿರುಗಣೆಯು ಕೋನೀಯ ಪಥ ಸಂವೇಗ ಅಥವಾ ಸರಳ ಸಂವೇಗದ ಮೇಲೆ ಯಾವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನುಂಟುಮಾಡದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಹೊಸ ಹಿಲ್ಬರ್ಟ್‌ಾವರಣದ ವಿಮಿತಿಯು 2 ಆಗಿವೆ, ಮತ್ತು ಅದರ ಅದಿಶಗಳು ಮಿಶ್ರ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಾಗಿವೆ. ಈ ಹೊಸ ಹಿಲ್ಬರ್ಟ್‌ಾ

ರವಣವನ್ನು ಸ್ಪಿನರಾವರಣ (Spiner space) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಸ್ಪಿನರಾವರಣದ ಗಣಾಂಶವನ್ನು ಸ್ಪಿನರ್ ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಹಿಲ್ಬರ್ಟಾವರಣದ ವಿಮಿತಿಯು 2 ಆದ್ದರಿಂದ ಅನೇಕಸಲ 2–ಸ್ಪಿನರು ಎಂದು ಕರೆಯುವ ವಾಡಿಕೆಯೂ ಉಂಟು. (ವಿಷಯ ನಿರೂಪಣೆ (1.1)ನ್ನೂ ನೋಡಿರಿ.)

ವಿಷಯ ನಿರೂಪಣೆ (1.1)ರಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿತವಾದ 2–ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಭೌತಿಕ ಉಪಯುಕ್ತತೆಯ ಬಗೆಗೆ ಶಕ್ತ್ಯಾಣು ಬಲ ವಿಜ್ಞಾನದ ತಿರುಗಣೆಯನ್ನು ಬಳಕೆ ಮಾಡಿದ್ದೇವೆ. ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಬಳಕೆ ಹೀಗೆ ಎಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತೇವೆ.

§2. ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಸ್ಪಿನರುಗಳು:

ಸ್ಪಿನರುಗಳು ಸಮಸಂಕ್ರಮಣ ಸದಿಶಗಳಿಂದ ಜನಿಸುವುವು ಎಂಬ ವಿಷಯ ಮುಖ್ಯವಾದದ್ದು. ವಾಸ್ತವ ಯೂಕ್ಲಿಡೀಯ ಆವರಣಗಳಲ್ಲಿ ಸಮಸಂಕ್ರಮಣ ಸದಿಶಗಳು (ಸೊನ್ನೆ ಸದಿಶವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು) ಯಾವುವೂ ಇಲ್ಲ. ಇಂತಹ ಸದಿಶಗಳು ನಮಗೆ ಸಿಕ್ಕುವುದು ಮಿಶ್ರಿತ ಯೂಕ್ಲಿಡೀಯ ಆವರಣಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ವಾಸ್ತವ ಮಿಥ್ಯ ಯೂಕ್ಲಿಡೀಯ (Pseudo-Euclidean) ಆವರಣಗಳಲ್ಲಿ. ಮಿಶ್ರಿತ ಯೂಕ್ಲಿಡೀಯ C^3ರಲ್ಲಿನ ಸಮಸಂಕ್ರಮಣ ಸದಿಶಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಅಭ್ಯಾಸವನ್ನಾಗಲೇ ಮಾಡಿ ಆಗಿದೆ. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಬಹುಮುಖ್ಯವಾದದ್ದು ಮಿಥ್ಯ ಯೂಕ್ಲಿಡೀಯ ಆವರಣ: ವಿಶೇಷ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಮಿಂಕೌಸ್ಕಿಯ ಆವರಣ ಮತ್ತು ಸಾಮಾನ್ಯ ಹಾಗೂ ಸಂಯೋಜಿತ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಿಗೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್-ರೀಮಾನ್ ಆವರಣಗಳು. ಈ ಆವರಣಗಳೆಲ್ಲವೂ ವಾಸ್ತವ ವಿಮಿತಿಯನ್ನು 4 ಎಂದಾಗಿ ಹೊಂದಿರುವುವು. ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅಭ್ಯಾಸಕ್ಕಾಗಿ ಅವಕಲ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯು ಮಿಶ್ರಿತಾವರಣದ ಸಲಕರಣೆಗಳನ್ನಿನ್ನೂ ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಕೊಟ್ಟಿಲ್ಲ. ಇದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಬೇಕಾದರೆ ಇನ್ನೂ ಕೆಲವರ್ಷಗಳಾಗಬೇಕು. ಆದುದರಿಂದ ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಅಭ್ಯಾಸವನ್ನು ಮಿಶ್ರಿತಾವರಣಗಳಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರಿಸುವುದರ ಬದಲು ವಾಸ್ತವ ಮಿಥ್ಯ ಯೂಕ್ಲಿಡೀಯಾವರಣಗಳಲ್ಲಿ ಮಾಡುವುದು ಉತ್ತಮ.

ವಾಸ್ತವ ಮಿಥ್ಯಯೂಕ್ಲಿಡೀಯಾವರಣದ ರಂಗದಲ್ಲಿಯೂ ಸಹ ಕೆಲವು ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಇನ್ನೂ ಸಮಂಜಸವಾದ ಉತ್ತರಗಳು ದೊರೆಕಿಲ್ಲ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅಭ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ನಾಲ್ಕು ವಿಮಿತಿ ಸಾಕೆ? ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿಮಿತಿಯ ಅಗತ್ಯವಿದೆಯೆ? ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಯ ಮೇಲೆ ಸಾಕಷ್ಟು ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ನಡೆದಿವೆ. ಆದರೂ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮತ್ತು ನಿಶ್ಚಿತವಾದ ಉತ್ತರಗಳಿನ್ನೂ ದೊರೆಕಿಲ್ಲ. ಆದುದರಿಂದ ನಾವು ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಕೇವಲ 2-ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಅಭ್ಯಾಸದಕಡೆಗೇ ಗಮನ ಕೊಟ್ಟಿದ್ದೇವೆ. ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿರುವ ಮಿಥ್ಯಯೂಕ್ಲಿಡೀಯಾವರಣಗಳ ವಿಮಿತಿಯು 4.

ಅವುಗಳೆಲ್ಲವೂ ವಾಸ್ತವ ಅನಂತಾವಕಲನೀಯಾವರಣಗಳು (Real C^{∞}–manifolds) ಈ ಆವರಣಗಳಮೇಲೆ ನಿರೂಪಿತವಾದ ಫಲನಗಳೆಲ್ಲವೂ ಅನಂತಾವಕಲನೀಯವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಅನಂತಾವಕಲನೀಯತೆಯನ್ನು "ನಯ"ವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಮಟ್ಟಸಾವರಣಗಳೂ (Flat Manifolds) ವಕ್ರಾವರಣಗಳೂ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದವು. ಒಂದು ಬಹಳ ವಿಶೇಷವಾದ ಮಟ್ಟಸಾವರಣವೆಂದರೆ ''ಮಿಂಕೌಸ್ಕಿ ಆವರಣ" (Minkowski space) ಇದು ಒಂದು 4 ವಿಮಿತಿಯುಳ್ಳ ವಾಸ್ತವ ಸರಳ ಸಮಾನಾವರಣ.

M ಒಂದು ಮಿಂಕೌಸ್ಕಿ ಆವರಣವಾಗಿರಲಿ. ಇದರಲ್ಲಿ 4 ಕಾರ್ತೇಸನ ಲಂಬೀಯ. ನಿರ್ದೇಶಕಗಳುಂಟು. ಲಂಬತನವನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ವರ್ಗೀಯ ರೂಪಕವು ಕೊಡುತ್ತದೆ : $P \equiv P(x^1, x^2, x^3, x^4)$, $Q \equiv Q\ (y^1, y^2, y^3, y^4)$ Mನಲ್ಲಿನ ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳಾದರೆ

$$(2{\cdot}1)\quad F\ (P,Q) = (x^1-y^1)^2 + (x^2-y^2)^2 + (x^3-y^3) - (x^4-y^4)^2$$

P ಮತ್ತು Qಗಳ ನಡುವಿರುವ " ಅಗಲಿಕೆ "ಯನ್ನು ಮಾಪಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ವರ್ಗೀಯ ರೂಪಕವು ಕೆಳಗೆ ನಿರೂಪಿಸಿದ ಸಮರೂಪಿ ದ್ವಯರೂಪಕ (Symmetric Bilinear Form) h ಇಂದ ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತದೆ. P, Q, R, (x^A), (y^A), (z^A) $(A = 1, 2, 3, 4)$ ಎಂಬ ಕಾರ್ತೇಸೀಯ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳುಳ್ಳ ಮೂರು ಬಿಂದುಗಳಾಗಲಿ. $\overrightarrow{PQ}$ ಮತ್ತು $\overrightarrow{PR}$ ಬಿಂದು P ಇಂದ Q ಮತ್ತು R ಗಳ " ಅಗಲಿಕೆ ಸದಿಶಗಳು " (Separation Vectors) ಅಥವ " ಸ್ಥಾನ ಸದಿಶಗಳು " (Position Vectors). ಕೆಳಗಿನ ಸಮೀಕರಣ ದ್ವಯು ಸರಳರೂಪಕವಾದ h ಅನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುತ್ತದೆ.

$$h(\overrightarrow{PQ}, \overrightarrow{PR}) = (x^1-y^1)(x^1-z^1) + (x^2-y^2)(x^2-z^2) + (x^3-y^3)(x^3-z^3) - (x^4-y^4)(x^4-z^4)$$

ಮಿಂಕೌಸ್ಕಿ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಮೂರು ರೀತಿಯ ಅಗಲಿಕೆ ಸದಿಶಗಳಿವೆ. ಈ ಅಗಲಿಕೆ ಸದಿಶಗಳ ಲಕ್ಷಣನಿರೂಪಣೆ ಹೀಗಿದೆ.

ಲಕ್ಷಣ ನಿರೂಪಣೆ (2.1) : $P, Q \in M$ ಆಗಲಿ. P ಇಂದ Qನ ಅಗಲಿಕೆ ಸದಿಶ $\overrightarrow{PQ}$. $\overrightarrow{PQ}$ನ **ಉದ್ದದ ವರ್ಗವು** (2.1) ರಿಂದ ನಿರೂಪಿತವಾದ P ಮತ್ತು Q ಗಳ ನಡುವಣ ಅಗಲಿಕೆ ಎಂದು ನಿರೂಪಿಸುತ್ತೇವೆ :

$$(2{\cdot}2)\quad h\,(\overrightarrow{PQ}, \overrightarrow{PQ}) \equiv F\,(P, Q).$$

ಅಗಲಿಕೆ ಸದಿಶ PQನ ಉದ್ದದ ವರ್ಗ

$$F(P, Q) \begin{cases} >O \\ =O \\ <O \end{cases} \text{ ಆದಾಗ } \vec{PQ} \text{ ಒಂದು } \begin{cases} \text{ಆವರಣ ರೂಪಕದ} \\ \text{ಬೆಳಕು ರೂಪಕದ} \\ \text{ಕಾಲ ರೂಪಕದ} \end{cases}$$

ಅಗಲಿಕೆ ಸದಿಶ ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. P ಇಂದ ಹೊರಟ ಎಲ್ಲ ಬೆಳಕು ರೂಪಕದ ಅಗಲಿಕೆ ಸದಿಶಗಳು P ನಲ್ಲಿನ **ಬೆಳಕಿನ** ಶಂಖುವನ್ನು (Light cone at P) ನಿರೂಪಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಶಂಖುವನ್ನು C_{p} ಎಂಬ ಸಂಕೇತದಿಂದ ಸೂಚಿಸುತ್ತೇವೆ.

$$C_{\mathrm{p}}^{+} = \left\{ \vec{PQ} \,\middle|\, x^4 < y^4, P \equiv (x^A)\ Q \equiv (y^A),\ A = 1, 2, 3, 4 \right\}$$

ಮತ್ತು $C_{\mathrm{p}}^{-} = \left\{ \vec{PQ} \,\middle|\, x^4 > y^4, P \equiv (x^A)\ Q \equiv (y^A), \right.$

$\left. A = 1, 2, 3, 4 \right\}$ ಗಳನ್ನು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಬಿಂದು P ನಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿತವಾದ ಉತ್ತರಾರ್ಧ ಮತ್ತು ಪೂರ್ವಾರ್ಧ (Future and Past) **ಬೆಳಕಿನ** ಶಂಬುಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಲಕ್ಷಣ ನಿರೂಪಣೆ(2.1)ರಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿತವಾದ ಬೆಳಕೆನ ಶಂಖುಗಳು Mನಲ್ಲಿರುವ ಮೂರು ವಿಮಿತಿಯ ಹೈಪರ್ಸರ್ಫೇಸ್‌ಗಳು (Hypersurface) ಎಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸಬೇಕು. ಮತ್ತೊಂದು ವಿಷಯವೆಂದರೆ ಈ ಬೆಳಕಿನ ಶಂಖುಗಳೂ ಅವುಗಳ ಒಳಭಾಗಗಳೂ Mನ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿನ **ಕಾರಣನಿಮಿತ್ತತೆ** (Causality) ಯನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುತ್ತವೆ. ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಕಾರಣ ನಿಮಿತ್ತತೆ ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದದ್ದಾದರೂ ಸ್ಥಳಾಭಾವದಿಂದಾಗಿ ಇದನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ಪರಿಶೀಲಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಮುಂದೆ ವಿಷದಪಡಿಸಿರುವ ವಿಷಯ ನಿರೂಪಣೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಕಾರಣ ನಿಮಿತ್ತತೆ ಯನ್ನು ಬದಲು ಮಾಡದಂತಹ ಸರಳ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳನ್ನು ಅಧ್ಯಯಿಸುತ್ತೇವೆ.

ವಿಷಯ ನಿರೂಪಣೆ (2.2) :

$L : M \rightarrow M$ ಒಂದು ಸರಳ ಪರಿವರ್ತನೆ (Linear Transfornation) ಆಗಿರಲಿ. L ಕೆಳಕಂಡ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿದಾಗ ಅದನ್ನು ಒಂದು **ಲೋರೆಂಟ್ಸನ ಪರಿವರ್ತನೆ** ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ.

$$(2.3) \qquad h(L\{\vec{OP}\}, L\{\vec{OP}\}) = h(\vec{OP}, \vec{OP})$$

ಈ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ O ಮೂಲ ಬಿಂದು, P ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಬಿಂದು. ಮಿಂಕೌಸಿ ಆವರಣವು ಸರಳ ಸಮಾನಾಂತರವಾದುದ್ದರಿಂದ, ಮೂಲ ಬಿಂದು O ಅನ್ನು ಯಾವುದೇ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಬದಲು ಮಾಡಬಹುದು. ಆಗ ಲೋರೆಂಟ್ಸನ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು ಆ

ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ : Mನ ಪ್ರತಿ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವ 4 ವಿಮಿತಿಯುಳ್ಳ ವಾಸ್ತವ ಸ್ಪರ್ಶಸರಳಾವರಣ (Real Tangent linear space)ದಲ್ಲಿ ಲೋರೆಂಟ್ಸನ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು ನಿರೂಪಿತ ವಾಗಿವೆ.

ಲೋರೆಂಟ್ಸನ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳ ಗಣವು ಒಂದು ಸಮುದಾಯ. ಇದನ್ನು ಲೋರೆಂಟ್ಸನ ಸಮುದಾಯ L_6 (Lorentz Group) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. Mನ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವ ವಾಸ್ತವ ಸ್ಪರ್ಶ ಸರಳಾವರಣದಲ್ಲಿ ಲೋರೆಂಟ್ಸನ ಸಮುದಾಯವು Mನಲ್ಲಿನ ಕಾರಣನಿಮಿತ್ತತೆಯನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುತ್ತದೆ.

ಇನ್ನು ಮುಂದೆ Mನ ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಬಿಂದುವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅಲ್ಲಿರುವ ಸ್ಪರ್ಶಸರಳಾವರಣದ ಸದಿಶಗಳ ಬಗೆಗೆ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡುತ್ತೇವೆ.

$\mathbf{u}_n \equiv (u^A)$ $(A=1,2,3,4)$ ಒಂದು ಸದಿಶವಾಗಿರಲಿ. ಈ ಸದಿಶವು

$$(2.4a) \qquad U = \begin{pmatrix} u^4+u^3, & u^1-iu^2 \\ u^1+iu^2, & u^4-u^3 \end{pmatrix}$$

ಎಂಬ ಮಾಕೃತೆಯನ್ನು ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ U ಮಾತೃತೆಯು $\mathbf{u}_n$ ಸದಿಶವನ್ನು ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತದೆ. ಪೌಲಿ ಮಾತೃಕೆಗಳಾದ $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ಗಳ ಜೊತೆಗೆ σ_4 ಮಾತೃಕೆ :

$$(2.4b) \quad \sigma_4 \overset{def}{=\!=} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

ಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಆಗ ಮಾತೃಕೆ Uಅನ್ನು ಕೆಳಕಂಡಂತೆ ಬರೆಯ ಬಹುದು :

$$(2.4c) \quad U = u^A \ \sigma_A \ ^{*)}$$
$$(2.4d) \quad h\,(\mathbf{u}, \mathbf{u}) = —(U\text{ನ ನಿರ್ಧಾರಕ})$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣವು (2.4a) ಇಂದ ವೇದ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಲೋರೆಂಟ್ಸನ ಸಮುದಾಯದ ಯಾವುದೇ ಗಣಾಂಶವನ್ನು ಮಾತೃಕೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬರೆಯಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ (2.3) ಮತ್ತು (2.4) ಸಮೀಕರಣಗಳು ಸಹಾಯಕವಾಗಿವೆ.

(*) ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ದೊಡ್ಡ ರೋಮನ್ ಅಕ್ಷರಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಕೆಗಳನ್ನಾಗಿ ಉಪ ಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ. ಅವುಗಳ ಬೆಲೆ 1, 2, 3, 4. ಅವು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ "ಸಂಕಲನದ ಪದ್ಧತಿ" (Summation convention)ಯನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತವೆ.

ವೊದಲು 2-ಸ್ಪಿನರುಗಳಿಗೂ Mನ ಸದಿಶಗಳಿಗೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸುತ್ತೇವೆ. u ಒಂದು ಬೆಳಕಿನ ರೂಪಕದ Mನ ಸದಿಶವಾಗಲಿ. ಅದರ ಘಟಕಗಳನ್ನು $u^{\wedge}$ ಎಂದು ತೆಗೆದು ಕೊಳ್ಳೋಣ. $u^{\wedge}$ ಗಳು ವಾಸ್ತವ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು. ಆದ್ದರಿಂದ u^4+u^3 ಮತ್ತು u^4-u^3 ವಾಸ್ತವವೂ, u^1-iu^2 ಮತ್ತು u^1+iu^2 ಅನುಬದ್ಧ ಮಿಶ್ರಿತವೂ ಆದ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಾಗಿವೆ. ನಾಲ್ಕು ವಾಸ್ತವ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಿಂದ ಎರಡು ಮಿಶ್ರಿತ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ನಿಸ್ಪೃಷ್ಟವಾಗಿ ನಿರ್ಧರಿಸಬಹುದೆಂಬ ವಿಷಯು ಸರ್ವ ವೇದ್ಯವಾದದ್ದು. ನಾಲ್ಕು ವಾಸ್ತವ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಾದ $u^{\wedge}$ ಮಿಶ್ರಿತ ಸಂಖ್ಯಾದ್ವಯ ($\xi^{ತ}$**)ವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತವೆ ಎಂದು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ($\xi^{ತ}\bar{\xi}^{ದ}$) ಒಂದು 2×2 ಮಾತೃಕೆಯನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ $\bar{\xi}^{ದ}$ ಮಿಶ್ರಿತ ಸಂಖ್ಯಾದ್ವಯ $\xi^{ದ}$ರ ಅನುಬದ್ಧ ಮಿಶ್ರಿತ ಸಂಖ್ಯಾದ್ವಯ. ಈ ಹೊಸ ಮಾತೃಕೆಯನ್ನು ಕೆಳಕಂಡ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬಿಡಿಸಿ ಬರೆಯಲಾಗಿದೆ.

$$(2{\cdot}5a)\quad \left(\xi^{ತ}\bar{\xi}^{ದ}\right)=\begin{pmatrix}\xi^{೧}\bar{\xi}^{೧}, & \xi^{೧}\bar{\xi}^{೨}\\ \xi^{೨}\bar{\xi}^{೧}, & \xi^{೨}\bar{\xi}^{೨}\end{pmatrix}$$

$(2{\cdot}5a)$ ಮತ್ತು $(2.4a)$ ಗಳಲ್ಲಿರುವ ಮಾತೃಕೆಗಳನ್ನು ಸಮೀಕರಿಸಿದಾಗ ಉದ್ಭವಿಸುವ ನಾಲ್ಕು ಸಮೀಕರಣಗಳು ಈ ರೀತಿ ಇವೆ.

$$(2\ 5b)\quad \begin{cases}\xi^{೧}\bar{\xi}^{೧}=u^4+u^3\\ \xi^{೧}\bar{\xi}^{೨}=u^1-iu^2\\ \xi^{೨}\bar{\xi}^{೧}=u^1+iu^2\\ \xi^{೧}\bar{\xi}^{೨}=u^4-u^3\end{cases}$$

(**) ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಕನ್ನಡದ ಅಲ್ಪಪ್ರಾಣ ಅಕ್ಷರಗಳನ್ನೂ (*)ಪಾದ ಟಿಪ್ಪಣಿಯನ್ನು ಪುನಃ ನೋಡಿ) ಸೂಚಕಗಳನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ. ಈ ಸೂಚಕಗಳ ಬೆಲೆ ೧ ಅಥವಾ ೨ ಆಗಬಹುದು. ಈ ಸೂಚಕಗಳೂ ರೋಮನ್ ಸೂಚಕಗಳಂತೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ ಸಂಕಲನ ಪದ್ಧತಿಯನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತವೆ.

ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ u^Aನ ಬೆಲೆಗಳನ್ನು ಕೆಳಕಂಡಂತೆ ಬರೆಯಲು ಸಾಧ್ಯ :

$$(2.5c)\quad \begin{cases} u^1 = \frac{1}{2}\ [\xi^{\text{೧}}\bar{\xi}^{\text{೨}} + \xi^{\text{೨}}\bar{\xi}^{\text{೧}}] \\ n^2 = \frac{1}{2_i}\ [\xi^{\text{೨}}\bar{\xi}^{\text{೧}} - \xi^{\text{೧}}\bar{\xi}^{\text{೨}}] \\ u^3 = \frac{1}{2}\ [\xi^{\text{೧}}\bar{\xi}^{\text{೧}} - \xi^{\text{೨}}\bar{\xi}^{\text{೨}}] \\ u^4 = \frac{1}{2}\ [\xi^{\text{೧}}\bar{\xi}^{\text{೧}} - \xi^{\text{೨}}\bar{\xi}^{\text{೨}}] \end{cases}$$

u ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸದಿಶವಾದಲ್ಲಿ ಮಿಶ್ರಿತ ಸಂಖ್ಯಾದ್ವಯ ξತವು ಒಂದು ವಾಸ್ತವ ಪ್ರಾಚಲದ ಮೇಲೆ ಆಧಾರಿತವಾದ ಗಣವಾಗುತ್ತದೆ. $(2.5b)$ ಸಮೀಕರಣಗಳಲ್ಲಿ $u^4>0$ ಎಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ನಾವು ಗಮನಿಸಬೇಕು. ಇದರಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವುದೇನೆಂದರೆ **u** ಉತ್ತರಾರ್ಧ ಬೆಳಕಿನ ಶಂಖುವಿನ್ನಲ್ಲಿದೆ. ಒಂದು ಸಮಯ **u** ಉತ್ತರಾರ್ಧ ಬೆಳಕಿನ ಶಂಖುವಿನ್ನಲ್ಲಿರದೆ ಪೂರ್ವಾರ್ಧ ಶಂಖುವಿನಲ್ಲಿದ್ದಲ್ಲಿ, $(2.5b)$ನ ಮೊದಲ ಮತ್ತು ಕೊನೆಯ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಋಣಚಿಹ್ನೆ ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ.

$$(2.5d)\quad -\xi^{\text{೧}}\bar{\xi}^{\text{೧}} = u^4+u^3,\quad -\xi^{\text{೨}}\bar{\xi}^{\text{೨}} = u^4-u^3$$

$(2.5b)$ ನಲ್ಲಿರುವ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ξ೧, ξ೨ಗಳ ಪರಿಹಾರವನ್ನು ಕೆಳಕಂಡಂತೆ ಬರೆಯುತ್ತೇವೆ.

$$(2.6)\quad \left.\begin{aligned} \xi^{\text{೧}} &= |\,u^4+u^3\,|^{\frac{1}{2}}\ e^{i(\psi-\theta)} \\ \xi^{\text{೨}} &= |\,u^4-u^3\,|^{\frac{1}{2}}\ e^{i\psi} \end{aligned}\right\}\quad \begin{aligned} \sin\theta &= \frac{u^2}{\sqrt{u^{1^2}+u^{2^2}}} \\ \cos\theta &= \frac{u^1}{\sqrt{u1^2=u^{2^2}}} \end{aligned}$$

ಸಮೀಕರಣ (2.6)ರಲ್ಲಿರುವ ψ ಕೋನವು ಒಂದು ವಾಸ್ತವ ಪ್ರಾಚಲ, ಇದರ ಬೆಲೆಯು $[0,2\pi]$ ನಲ್ಲಿ ಇದೆ. ψನ ಯಾವುದೇ ಬೆಲೆಯಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಡುವ ಮಿಶ್ರಿತ ಸಂಖ್ಯಾದ್ವಯ (ξ೧, ξ೨) ಒಂದೇ ಒಂದು ಬೆಳಕಿನ ರೂಪಕದ ಸದಿಶವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತದೆ.

u ಮತ್ತು **u** ಯಾವುದಾದರೂ ಎರಡು ವಾಸ್ತವ ಸರಳ ಸ್ವತಂತ್ರ ಸದಿಶಗಳಾಗಿರಲಿ ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ 2×2 ಮಾತೃಕೆಗಳು ಹೀಗಿವೆ.

$$(2.7)\quad U=\sum u^A\sigma^A,\quad V=\nu^A\sigma_A$$

$$(\mathbf{u}\equiv(u^1,\ u^2,\ u^3,\ u^4),\ \mathbf{v}\equiv(\nu^1,\nu^2,\nu^3,\nu^4)\ )$$

$h(\mathbf{u}, \mathbf{u})$ಗೂ ಮಾತೃಕೆಗಳಾದ U, Vಗಳಿಗೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವೇನು? ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಉತ್ತರಿಸಲು ಹಾಮಿಲ್ಟನನ ಅನುಬದ್ಧತೆ ಉಪಯುಕ್ತವಾದದ್ದು. ಅದನ್ನು ಮೊದಲು ನಿರೂಪಿಸುತ್ತೇವೆ.

ವಿಷಯ ನಿರೂಪಣೆ (2.3):

ಪ್ರತಿವಾಸ್ತವ ಸದಿಶ $\mathbf{u} \equiv (u^1, u^2, u^3, u^4)$ಗೆ $\mathbf{u}^+ \equiv (u^1, u^2, u^3, -u^4)$ **ಎಂಬ ಹಾಮಿಲ್ಟನನ ಅನುಬದ್ಧತೆಯನ್ನು** (Hamiltonian Conjugate) ಸಂಬಂಧಿಸುತ್ತೇವೆ. U ಸದಿಶ $\mathbf{u}$ನ ಮಾತೃಕೆಯಾದರೆ, Uನ ಹಾಮಿಲ್ಟನನ ಅನುಬದ್ಧತೆಯನ್ನು $U^+ = U - 2u^4 \sigma_4$ ಎಂದು ನಿರೂಪಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಪೌಲಿ ಮಾತೃಕೆಗಳು ಕೆಳಕಂಡ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತವೆ.

$$(2.8)\quad \begin{cases} \sigma_1 \sigma_2 = -\sigma_2 \sigma_1 = i\sigma_3 \\ \sigma_2 \sigma_3 = -\sigma_3 \sigma_2 = i\sigma_1 \\ \sigma_3 \sigma_1 = -\sigma_1 \sigma_3 = i\sigma_2 \\ \sigma_4 \cdot \sigma_1 = \sigma_4 \cdot \sigma_2 = \sigma_4 \cdot \sigma_3 = \sigma_4 \cdot \sigma_4 = \sigma_4 \\ \sigma_1 \cdot \sigma_4 = \sigma_2 \cdot \sigma_4 = \sigma_3 \cdot \sigma_4 = \sigma_4 \cdot \sigma_4 = \sigma_4 \\ \sigma_1{}^2 = \sigma_2{}^2 = \sigma_3{}^2 = \sigma_4{}^2 = \sigma_4 \end{cases}$$

$U = u^A \sigma_A$, $V = v^A \sigma_A$ ಸಮೀಕರಣ (2.7)ರಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿತವಾದ ಎರಡು ಮಾತೃಕೆಗಳು. ಅವುಗಳನ್ನು ಗುಣಿಸುವುದರಿಂದ ಬರುವ ಲಬ್ಧ :

$$\left.\begin{aligned} U.V &= u^A v^B \sigma_A \cdot \sigma_B \\ V.U &= v^A u^A \sigma_A \cdot \sigma_B \end{aligned}\right\}$$

ಈ ಗುಣಲಬ್ಧಗಳನ್ನು (2.8)ರಿಂದ ವಿಶದೀಕರಿಸಿದನಂತರ ಕೆಳಕಂಡ ಸಮೀಕರಣ ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತದೆ.

$$U.V + V \cdot U = 2\,(u^4 v + v^4 U) + 2\,(u^1 v^1 + u^2 v^2 + u^3 \theta^3 - u^4 v^4)\,\sigma_4$$

ವಿಷಯ ನಿರೂಪಣೆ (2.3)ನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಈ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಕೆಳಕಂಡಂತೆ ಬರೆಯುತ್ತೇವೆ.

$$(2.9a)\quad h\,(\mathbf{u}, \mathbf{v})\sigma_4 = \tfrac{1}{2}\,[U^{+}V + V^{+}U] = \tfrac{1}{2}\,[U.V^{+} + V.U^{+}]$$

vಅನ್ನು $\mathbf{u}$ ಎಂದು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ $U^{+}U$ನ ಬೆಲೆಯು $h\,(\mathbf{u}, \mathbf{u})\,\sigma_4$ ಎಂದು (2.9a) ಇಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ $U^{+}U = UU^{+}$ ಎಂಬ ವಿಷಯ ಗಮನಾರ್ಹ.

ಲೋರೆಂಟ್ಸ್‌ನ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು M ಅಲ್ಲಿ ಆದಾಗ ಅದರ ಸದಿಶಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಮಾತೃಕೆಗಳು ಹೇಗೆ ಬದಲಾಗುತ್ತವೆ? M ನಲ್ಲಿನ ಒಂದು ಸದಿಶ $\mathbf{u}$ ಅನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿ. ಅದರ ಮಾತೃಕೆ U ಒಂದು ಹರ್ಮಿಟೇಯ ಸಮರೂಪತೆಯ ಮಾತೃಕೆ ಎಂಬ ವಿಷಯ (2.4a) ಇಂದ ವೇದ್ಯವಾದ ವಿಷಯ : $U = U^{*}$. L ಒಂದು ಲೋರೆಂಟ್ಸ್‌ನ ಪರಿವರ್ತೆಯಾದರೆ, $L\mathbf{u}$ ಸಹ M ನಲ್ಲಿನ ಒಂದು ವಾಸ್ತವ ಸದಿಶ. $L\mathbf{u}$ಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಮಾತೃಕೆಯೂ ಸಹ ಒಂದು ಹರ್ಮಿಟೇಯ ಸಮರೂಪತೆಯ ಮಾತೃಕೆ. ಒಂದು ಸಮರೂಪದ ಮಾತೃಕೆಯನ್ನು ಸರಳ ಪರಿವರ್ತನೆಗೆ ಒಳಮಾಡಿದಾಗ ಲಬ್ಧ ಮಾತೃಕೆಯೂ ಹರ್ಮಿಟೇಯ ಸಮರೂಪನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು ಈ ಸರಳ ಪರಿವರ್ತನೆಯು ಕೆಳಕಂಡ ರೀತಿ ಇದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ ಎಂಬ ವಿಷಯ ಪ್ರಮಾಣಬದ್ಧವಾದದ್ದು :

$$U \rightarrow {}'U = AUA^{*}$$

$'U$ ಲೋರೆಂಟ್ಸ್‌ನ ಸರಳ ಪರಿವರ್ತೆ L ಇಂದ ಬಂದ ವಾಸ್ತವ ಸದಿಶ $L\underline{u}$ ಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಹರ್ಮಿಟೇಯ ಸಮರೂಪದ ಮಾತೃಕೆಯಾದರೆ, (2.4d) ಇಂದ ಕೆಳಕಂಡ ಸಮೀಕರಣ ವೇದ್ಯವಾಗುವುದು.

$'U$ ನ ನಿರ್ಧಾರಕ $= -h\,(L\underline{u}, L\underline{u}) = -h\,(\underline{u}, \underline{u}) = U$ ನ ನಿರ್ಧಾರಕ ಆದರೆ, $'U$ ನ ನಿರ್ಧಾರಕ $= AUA^{*}$ ನ ನಿರ್ಧಾರಕ $=$ (A ನ ನಿರ್ಧಾರಕ) $\times$ (U ನ ನಿರ್ಧಾರಕ) $\times$ (A^{*} ನ ನಿರ್ಧಾರಕ) $=$ (A ನ ನಿರ್ಧಾರಕ)$^{2} \times$ (U ನ ನಿರ್ಧಾರಕ). ಆದ್ದರಿಂದ A ಮಾತೃಕೆಯ ನಿರ್ಧಾರಕ $= \pm 1$.

ಮಿಶ್ರಿತ ಘಟಕಗಳುಳ್ಳ ಮತ್ತು ನಿರ್ಧಾರಕವು $+1$ ಆದ 2×2 ಮಾತೃಕೆಗಳೆಲ್ಲವೂ ಒಂದು ಸಮುದಾಯವನ್ನು ಕೊಡುವುವು. ಇದನ್ನು ನಾವು **ವಿಶೇಷ ಸರಳ ಸಮುದಾಯ** (Special Linear group) $SL\ (2, \mathbf{C})$ ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಪ್ರತಿ ಲೋರೆಂಟ್ಸ್‌ನ ಪರಿವರ್ತನೆಗೂ A ಮತ್ತು $-A$ ಎಂಬ ಎರಡು $SL\ (2, \mathbf{C})$ಯ ಮಾತೃಕೆಗಳು ಕೆಳಕಂಡ ಚಿತ್ರದಂತೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿವೆ.

$$\begin{array}{ccccc} \mathbf{u} & \longleftrightarrow & L\mathbf{u} & \qquad & L \in L_6 \\ \updownarrow & & \updownarrow & & \\ U & \longleftrightarrow & AUA^{*} & & \pm A \in SL\ (2, \mathbf{C}) \end{array}$$

ಇದರಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವ ವಿಷಯವೆಂದರೆ: ಪ್ರತಿ ಲೋರೆಂಟ್ಸನ ಪರಿವರ್ತನೆಗೆ $\pm A \epsilon SL$ (2, C) ಎಂಬೆರೆಡು ಮಾತೃಕೆಗಳೂ, $+A, -A$ ಎರಡು SL (2,C)ನ ಮಾತೃಕೆಗಳಾದರೆ ಅವಕ್ಕೆ L ಎಂಬ ಏಕೈಕ ಲೋರೆಂಟ್ಸನ ಪರಿವರ್ತನೆಯೂ ಸಂಬಂಧಿಸಿದೆ.

ಇಲ್ಲಿಯವರೆಗಿನ ಪ್ರಸ್ತಾಪನೆ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೂ, ಬೆಳಕಿನರೂಪದ (ಅಥವ ಸಮ ಸಂಕ್ರಮಣ) ಸದಿಶಗಳಿಗೂ, ಲೋರೆಂಟ್ಸನ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಿಗೂ, ಸ್ಪಿನರುಗಳಿಗೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧಗಳನ್ನು ಕುರಿತದ್ದಾಗಿದೆ. ಇಲ್ಲಿ 2–ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಬಗೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಗಮನಕೊಡಲಾಯಿತು. ಇತರ ರೀತಿಯ ಸ್ಪಿನರಗಳೂ ಇವೆ: ಉದಾಹರಣೆಗೆ 4–ಸ್ಪಿನರುಗಳು. ಈ ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಬಗೆಗೆ ಗಮನಕೊಡದಿದ್ದದ್ದು ಅವುಗಳು ಉಪಯುಕ್ತವಾದವುಗಳಲ್ಲವೆಂದಲ್ಲ. ಅವುಗಳನ್ನೂ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಜ್ಯಾಮಿತಿಯಲ್ಲಿ ಅನೇಕವೇಳೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಸ್ಥಳಾಭಾವದಿಂದಾಗಿ ಇತರ ರೀತಿಯ ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಬಗೆಗೆ ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪನೆಯಿಲ್ಲ. ಸ್ಪಿನರುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಎಲ್ಲ ವಿಷಯುಗಳನ್ನೂ ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ ಬರೆದರೆ ಅದೊಂದು ಮಹಾ ಗ್ರಂಥವಾಗುತ್ತದೆ.

ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಬರುವ ಭಾಗದಲ್ಲಿ 2–ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಬೀಜಗಣಿತದ ಬಗೆಗೆ ವಿಚಾರ ಮಾಡುತ್ತೇವೆ.

3. ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಬೀಜಗಣಿತ: ಮಿಶ್ರಿತ ಪ್ರಾಚಲದ್ವಯಗಳಗಣವು 2 ವಿಮಿತಿಯುಳ್ಳ ಮಿಶ್ರಿತ ಸರಳಾವರಣವಾಗುತ್ತದೆ (Complex vector space). ಈ ಸರಳಾವರಣವನ್ನು $\mathbf{C}^2$ ಎಂಬ ಸಂಕೇತದಿಂದ ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುತ್ತೇವೆ. $\mathbf{C}^2$ ರಲ್ಲಿನ ಯಾವುದೇ ಗಣಾಂಶವನ್ನು 2–ಸ್ಪಿನರು ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ξತ (ತ=೦, ೧) ಒಂದು 2–ಸ್ಪಿನರು. (**ಪಾದ ಟಿಪ್ಪಣಿಯನ್ನು ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಮ್ಮೆ ಓದಿರಿ.) $\mathbf{C}^2$ ರಲ್ಲಿರುವ 2–ಸ್ಪಿನರಗಳ ಮಿಶ್ರಿತ ಅನುಬದ್ಧತೆಗಳು ಎರಡು ವಿಮಿತಿಯುಳ್ಳ ಮತ್ತೊಂದು ಮಿಶ್ರಿತ ಸರಳಾವರಣವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಹೊಸ ಸರಳಾವರಣವನ್ನು $\breve{\mathbf{C}}^2$ ಎಂಬ ಸಂಕೇತದಿಂದ ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುತ್ತೇವೆ. $\breve{\mathbf{C}}^2$ರಲ್ಲಿನ ಪ್ರತಿ ಪ್ರಾಚಲದ್ವಯವನ್ನು **ಅನುಬದ್ಧ 2–ಸ್ಪಿನರು** (Conjugate 2-spinor) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ξ^ತದ ಅನುಬದ್ಧ 2–ಸ್ಪಿನರು $\overline{\xi ತ}$, ಅನುಕೂಲತೆಗಾಗಿ ಇದನ್ನು ξ^ಥ ಎಂದು ಬರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಇಲ್ಲಿ ಅಲ್ಪಪ್ರಾಣ ಸೂಚಿಕವಾದ 'ತ' ಮಹಾಪ್ರಾಣ ಸೂಚಕ 'ಥ' ಆಗಿ ಮಾರ್ಪಾಟಾಗಿರುವ ವಿಷಯುವನ್ನು ಗಮನಿಸಿರಿ. ಮಹಾಪ್ರಾಣ ಸೂಚಕಗಳ ಬೆಲೆ $\dot{0}$ ಮತ್ತು $\dot{1}$. $\mathbf{C}^2$ ಮತ್ತು $\breve{\mathbf{C}}^2$ಗಳ ಕರ್ಷಗುಣಲಬ್ಧ (Tensor Product) ವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಇದು $\mathbf{C}^2 \otimes \breve{\mathbf{C}}^2$ ಆಗಿದೆ. $\mathbf{C}^2 \otimes \breve{\mathbf{C}}^2$ ನ ಪ್ರತಿಗಣಾಂಶವನ್ನು ಒಂದು **ತಿರುಗಣಿಕರ್ಷದಿಶ** (Spin Tensor)

ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. $\mathbf{C}^2$ ಮತ್ತು $\bar{\check{\mathbf{C}}}^2$ ಗಳಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕರ್ಷಗುಣ ಲಬ್ಧಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಅನಂತ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ

$$\underbrace{\mathbf{C}^2\times\mathbf{C}^2\times\ldots\times\mathbf{C}^2}_{p}\times\underbrace{\bar{\check{\mathbf{C}}}^2\times\bar{\check{\mathbf{C}}}^2\times\ldots\times\bar{\check{\mathbf{C}}}^2}_{q}$$

$(p, q=0, 1, 2, \text{——})$ ಒಂದು $\mathbf{C}^2$ ಮತ್ತು $\bar{\check{\mathbf{C}}}^2$ ರ ಸಾಮಾನ್ಯ ಕರ್ಷಗುಣ ಲಬ್ಧ. ಇದರ ಗಣಾಂಶವನ್ನು "$(p\bar{q},\ 0\bar{0})$ **ಚರವುಳ್ಳ ಒಂದು ತಿರುಗಣೆ ಕರ್ಷದಿಶ**" ವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ.

$\mathbf{C}^2$ ಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಮತ್ತೆರಡು ಸರಳಾವರಣಗಳೆಂದರೆ: $\mathbf{C}^2$ ರ ದ್ವಂದ್ವ (Dual) $\hat{\mathbf{C}}^2$ ಮತ್ತು ಈ ದ್ವಂದ್ವದ ಅನುಬದ್ಧ $\bar{\hat{\mathbf{C}}}^2$. $\bar{\check{\mathbf{C}}}^2$ರ ದ್ವಂದ್ವವಾದ $\hat{\bar{\check{\mathbf{C}}}}^2$ ಮತ್ತು $\mathbf{C}^2$ ರ ದ್ವಂದ್ವದ ಅನುಬದ್ಧ $\bar{\hat{\mathbf{C}}}^2$ ಎರಡೂ ಒಂದೇ ಎಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸಬೇಕು. ಅನುಕೂಲಕ್ಕಾಗಿ ಈ ಅನುಬದ್ಧ ದ್ವಂದ್ವ ಸ್ಪಿನರಾವರಣವನ್ನು $\mathbf{C}^2_*$ ಎಂಬ ಸಂಕೇತದಿಂದ ಸೂಚಿಸುತ್ತೇವೆ. ಸ್ಪಿನರಾವರಣಗಳಾದ $\mathbf{C}^2$, $\bar{\check{\mathbf{C}}}^2$, $\hat{\mathbf{C}}^2$ ಮತ್ತು $\mathbf{C}^2_*$ ಗಳಿಂದ ಅನೇಕಾನೇಕ ಕರ್ಷಗುಣ ಲಬ್ಧಗಳು ಉತ್ಪನವಾಗುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳೆಲ್ಲದರ ಸಂಖ್ಯೆ ಅನಂತವಾದದ್ದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ.

$$\underbrace{\mathbf{C}^2\otimes\mathbf{C}^2\otimes\ldots\otimes\mathbf{C}^2}_{p}\otimes\underbrace{\mathbf{C}^2\otimes\cdots\otimes\mathbf{C}^2}_{q}\otimes$$
$$\underbrace{\mathbf{C}^2\otimes\mathbf{C}^2\otimes\cdots\otimes\mathbf{C}^2}_{r}\otimes\underbrace{\mathbf{C}^2_*\otimes\ldots\times\mathbf{C}_*^2}_{s}$$

ಇಂತಹ ಒಂದು ಕರ್ಷಗುಣಲಬ್ಧ. ಇದರ ಗಣಾಂಶವನ್ನು $(p\bar{q},\ r\bar{s})$ **ಚರವುಳ್ಳ ಒಂದು ತಿರುಗಣೆ ಕರ್ಷದಿಶ**ವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಕೆಳಕಂಡ ವಿಷಯವನ್ನು ಗಮನಿಸಿ :

$(1\bar{0},\ 0\bar{0})$—ತಿರುಗಣೆ ಕರ್ಷದಿಶ = 2–ಸ್ಪಿನರು
$(0\bar{1},\ 0\bar{0})$— ,, = ಅನುಬದ್ಧ 2–ಸ್ಪಿನರು
$(0\bar{0},\ 1\bar{0})$— ,, = ದ್ವಂದ್ವ 2–ಸ್ಪಿನರು
$(0\bar{0},\ 0\bar{0})$— ,, = ದ್ವಂದ್ವಾನುಬದ್ಧ 2–ಸ್ಪಿನರು

ಮೇಲ್ಕಂಡ ಕರ್ಷಗುಣಲಬ್ಧಗಳ ಮೊತ್ತವು 2–ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಬೀಜಾವರಣ ವನ್ನು (Algebra of 2-spinors) ನಿರೂಪಿಸುತ್ತದೆ.

2–ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಬೀಜಗಣಿತ ಅಧ್ಯಯನದಲ್ಲಿ ಬರುವ ಮುಂದಿನ ವಿಷಯ ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಪರಿವರ್ತನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ್ದು. ಸ್ಪಿನರಾವರಣ C^2ನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿ. ಇದರಲ್ಲಿನ 2–ಸ್ಪಿನರುಗಳು ಹೇಗೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತವೆ?

C^2 ಒಂದು ಮಿಶ್ರಿತ ಸರಳಾವರಣ. ಇದರ ಪ್ರತಿಲೋಮೀಯ ಸರಳ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳೆಲ್ಲವೂ (non-singular linear transformation) $GL\ (2, C)$ ಎಂಬ ಒಂದು ಸಮುದಾಯವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುತ್ತವೆ. C^2ನ್ನು ಸ್ಪಿನರಾವರಣವೆಂದೂ, ಈ ಆವರಣದ ಗಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಸ್ಪಿನರುಗಳೆಂದೂ ಕರೆದಿದ್ದೇವೆ. C^2ರಲ್ಲಿನ ಪ್ರಾಚಲ ದ್ವಯಗಳು 2–ಸ್ಪಿನರುಗಳಾಗಬೇಕಾದರೆ ಅವುಗಳ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಿಗೆ ಕೆಲವು ವಿಶೇಷ ಗುಣಗಳಿರಬೇಕೆಂಬ ವಿಷಯ ಇಲ್ಲಿ ಗಮನಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಹಿಂದಿನ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ 2–ಸ್ಪಿನರುಗಳಿಗೂ ಬೆಳಕಿನ ರೂಪದ (ಸಮ ಸಂಕ್ರಮಣ) ಸದಿಶಗಳಿಗೂ, ಇರುವ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ವಿವರಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಬೆಳಕಿನ ರೂಪದ ಒಂದು ಸದಿಶವು ಮತ್ತೊಂದು ಬೆಳಕಿನ ರೂಪದ ಸದಿಶವಾಗಿ ಲೋರೆಂಟ್ಸನ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಿಂದ ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಳ್ಳುವ ವಿಷಯವನ್ನೂ ಆ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಇವುಗಳಿಂದ ಕೆಳಕಂಡ ವಿಷಯ ವೇದ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

> "2–ಸ್ಪಿನರುಗಳ ವಿಶಿಷ್ಟತೆ ಅವುಗಳಿಗೂ ಬೆಳಕಿನ ರೂಪದ (ಸಮ ಸಂಕ್ರಮಣ) ಸದಿಶಗಳಿಗೂ ಇರುವ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾದದ್ದು. ಮಿಂಕೌಸ್ಕಿ ಆವರಣದಲ್ಲಿನ ಬೆಳಕಿನ ಶಂಖುಗಳನ್ನು ಬದಲಾಗದಂತೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಮಾಡುವ ಸರಳ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳೆಂದರೆ ಲೋರೆಂಟ್ಸನ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು. ಆದ್ದರಿಂದ Mನಲ್ಲಿನ ಲೋರೆಂಟ್ಸನ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು 2–ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಿಗೂ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವಿದೆ. ಸ್ಪಿನರಾವರಣದ (ಅಂದರೆ C^2 ರ) ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಾದ $A \epsilon SL\ (2, C)$ ಲೋರೆಂಟ್ಸನ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿವೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ನಾವು C^2ರ ವಿಶ್ಲೇಷಣಾ ಪರಿವರ್ತನ ಸಮುದಾಯವನ್ನು (Structural Transformation Group) $SL\ (2, C)$ ಎಂದು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ."

ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ರಂಗದಲ್ಲಿ ಫಿಲಿಕ್ಸ್ ಕ್ಲೈನನ (Felix Klein) ಕಂಠೋಕ್ತಿ ಈ ರೀತಿ ಇದೆ: 'ಯಾವುದೇ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯು ಒಂದು ವಿಶ್ಲೇಷಣಾ ಪರಿವರ್ತನ ಸಮುದಾಯದಿಂದ ನಿಗಮನಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಮತ್ತು ಅನುಗಾಮಿಯಾಗಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುದು." ಕ್ಲೈನನ ಈ ಪ್ರಮೇಯದ ವಿಲೋಮವೂ ಸತ್ಯವಾದದ್ದು. ಕ್ಲೈನನು ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ

ಅಧ್ಯಯನವು ವಿಶ್ಲೇಷಣಾ ಪರಿವರ್ತನ ಸಮುದಾಯದ ಎಲ್ಲ ಅಚಲಗಳಿಗೆ (invariants) ಸಂಬಂಧಿಸಿದ್ದು ಎಂದು ಪ್ರತಿಪಾದನೆ ಮಾಡಿದ್ದಾನೆ. ಈ ಪ್ರತಿಪಾದನೆಗನುಗುಣವಾಗಿ 2–ಸ್ಪಿನರುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಪ್ರಶ್ನೆ ಎಂದರೆ: **ವಿಶ್ಲೇಷಣಾ ಪರಿವರ್ತನ ಸಮುದಾಯ $SL(2, \mathbf{C})$ನ ಮುಖ್ಯ ಅಚಲಗಳು ಯಾವುವು ?**

$\mathbf{C}^2$ರ ಮೇಲೆ ನಿರೂಪಿತವಾದ ದ್ವಯಸರಳ ರೂಪಕ ಒಂದಾದ ϵ ಅನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿ. $SL(2, \mathbf{C})$ ವಿನ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಿಂದ ϵ ಯಾವ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನೂ ಹೊಂದದು ಎಂದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಇಂತಹ ϵ ಯಾವುದು? $A \in SL(2, \mathbf{C})$ ಮತ್ತು $\xi^{ತ}$, $\eta^{ದ} \in \mathbf{C}^2$ ಆಗಲಿ. ಆಗ

$$\epsilon = A\epsilon A^{T}, \text{ ಅಥವ}$$

$$\begin{pmatrix} \epsilon_{೧೧} & \epsilon_{೧೨} \\ \epsilon_{೨೧} & \epsilon_{೨೨} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \epsilon_{೧೧} & \epsilon_{೧೨} \\ \epsilon_{೨೧} & \epsilon_{೨೨} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a & c \\ b & d \end{pmatrix}$$

$$a, b, c, d \in \mathbf{C}. \quad (ad - bc = 1)$$

ಇದರಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವ ವಿಷಯ ವೆಂದರೆ :

$$\epsilon_{೧೧} = \epsilon_{೨೨} = 0, \ \epsilon_{೧೨} = -\epsilon_{೨೧} = +1.$$

ಹಿಂದಿನ ಭಾಗದಲ್ಲಿ (ಅಂದರೆ ξ2ರಲ್ಲಿ) ಕೆಳಕಂಡ ವಿಷಯಗಳು ಮನನವಾದುವು: “ ಯಾವುದೇ ವಾಸ್ತವವಾದ ಬೆಳಕಿನ ರೂಪಧ ಸದಿಶಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಒಂದು 2–ಸ್ಪಿನರು $\xi^{ತ}$ ಇದೆ. ಈ ಸದಿಶವನ್ನು 2×2 ಮಾತೃಕೆಯಾದ $((\xi^{ತ} \bar{\xi}^{ಥ}))$ ದಿಂದ ನಾವು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ರೂಪಿಸಲು ಸಾಧ್ಯ. ವಿಲೋಮವಾಗಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು 2–ಸ್ಪಿನರು ಒಂದು ಏಕೈಕ ಬೆಳಕಿನ ರೂಪದ ವಾಸ್ತವ ಸದಿಶವನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತದೆ.” ಈಗ $\xi^{ತ}$ ಒಂದು 2–ಸ್ಪಿನರಾಗಲಿ. ಮತ್ತೊಂದು 2–ಸ್ಪಿನರು $\eta^{ದ}$ ಅನ್ನು $\xi^{ತ}$ ಇಂದ ಸರಳ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿರುವಂತೆ ಆಯ್ಕೆಮಾಡಿ. ಆಗ $\epsilon_{ತದ}\, \xi^{ತ}\eta^{ದ} \pm 0$ ಎಂಬ ವಿಷಯ ವೇದ್ಯವಾದದ್ದು. ಇದರಿಂದಾಗಿ $\eta^{ದ}$ ಅನ್ನು $\epsilon_{ತದ}\, \xi^{ತ}\eta^{ದ} = 1$ ಆಗುವಂತೆ ಆಯ್ಕೆಮಾಡುವುದು ಸಾಧ್ಯ. **u** ಮತ್ತು **v**ಗಳು $\xi^{ತ}$ ಮತ್ತು $\eta^{ದ}$ಗಳಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವಾಸ್ತವ ಸದಿಶಗಳಾಗಲಿ. ಆಗ **u** ಮತ್ತು **v**ಗಳು ಬೆಳಕು ರೂಪದ ವಾಸ್ತವ ಸದಿಶಗಳು ಮತ್ತು

$$\mathbf{u} \longleftrightarrow U = ((\xi^{ತ}\bar{\xi}^{ಥ})), \ \mathbf{v} \longleftrightarrow \ = ((\xi^{ದ}\bar{\eta}^{ಧ}))$$

ಈಗ $(2{\cdot}9a)$ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸೋಣ. ಅದಕ್ಕಾಗಿ U^{+}, V^{+} ಗಳನ್ನು ಮೊದಲು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಹ್ಯಾಮಿಲ್ಟನನ ಅನುಬದ್ಧತೆಯ ನಿರೂಪಣೆಯಂತೆ (ವಿಷಯ ನಿರೂಪಣೆ(2.3) ಅನ್ನು ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ನೋಡಿರಿ).

$$U^{+} = U - 2u^4\sigma_4 = \begin{pmatrix} \frac{1}{2}(\xi^{೧}\xi^{\dot{೧}} - \xi^{೨}\xi^{\dot{೨}}), & \xi^{೧}\xi^{\dot{೨}} \\ \xi^{೨}\xi^{\dot{೧}} & , -\frac{1}{2}(\xi^{೧}\xi^{\dot{೧}} - \xi^{೨}\xi^{\dot{೨}}) \end{pmatrix}$$

ಮತ್ತು

$$V = \begin{pmatrix} \frac{1}{2}(\eta^{೧}\eta^{\dot{೧}} - \eta^{೧}\eta^{\dot{೨}}) & \eta^{೧}\eta^{\dot{೨}} \\ \eta^{೨}\eta^{\dot{೧}} & \frac{1}{2}(\eta^{೨}\eta^{\dot{೨}} - \eta^{೧}\eta^{\dot{೧}}) \end{pmatrix}$$

ಸಮೀಕರಣ (2.9*a*) ಇಂದ ಕೆಳಕಂಡ ಸಮೀಕರಣ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ :

$$(3.1) \quad h(\mathbf{u}, \mathbf{v})\,\sigma_4 = \tfrac{1}{2}(U^{+}\mathbf{v} + \mathbf{v}^{+}U) = -\tfrac{1}{2}\,\varepsilon_{ತದ}\,\varepsilon_{ಥಧ}\,\xi^{ತ}\eta^{ದ}\xi^{ಥ}\eta^{ಧ}$$

u ಮತ್ತು **v** ಬೆಳಕುರೂಪದ ಸದಿಶಗಳು ಮಾತ್ರವಾಗಿರದೆ Mನಲ್ಲಿನ ಯಾವುದೇ ಆದ ವಾಸ್ತವವಾದ ಸದಿಶಗಳಾಗಿರಲಿ. **u** ಮತ್ತು **v**ಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸ್ಪಿನರುಗಳು ಯಾವುವು? ಈ ಸದಿಶಗಳು ಸಮೀಕರಣ (3.1)ನ್ನು ಅನುಸರಿಸುವುವೇ? ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ಹುಡುಕುವುದು ನಮ್ಮ ಮುಂದಿನ ಕಾರ್ಯ.

ಈ ಹಿಂದೆಯೇ ಬೆಳಕುರೂಪದ ಸದಿಶಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ಸ್ಪಿನರುಗಳಿಗೂ ಇರುವ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಅಭ್ಯಾಸಮಾಡಿದ್ದೇವೆ. ಈ ಸಂಬಂಧಗಳಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ: Mನ ಆಧಾರ ಸದಿಶಗಳನ್ನು ಬೆಳಕು ರೂಪದ ಸದಿಶಗಳನ್ನಾಗಿ ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಮತ್ತು ಅವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಲಕ್ಷಣಗಳ ವಿವರಣೆ ಸುಲಭಸಾಧ್ಯ. ಈ ಅಭಿಪ್ರಾಯವನ್ನು ಕಾರ್ಯರೂಪಕ್ಕೆ ತರಲು Mನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸೂಕ್ತ ಆಧಾರದ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇದೆ.

ಹಿಂದಿನ ಭಾಗದಲ್ಲಿ (2) (x^A) ಅನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬೀಯ ಕಾರ್ತೇಸನ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳಾಗಿ ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳು 4 ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬೀಯ ವಾಸ್ತವ ಸದಿಶಗಳಾದ $\mathbf{e}_A$ ಅನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಸದಿಶಗಳ ಘಟಕಗಳನ್ನು ಕೆಳಕಂಡಂತೆ ಬರೆದರೆ ಅವುಗಳ ಉದ್ದದ ವರ್ಗ $+1$ ಅಥವ -1 ಎಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ಗಮನಿಸಿರಿ :

$$\mathbf{e} \equiv (\delta_A{}^1, \delta_A{}^2, \delta_A{}^3, \delta_A{}^4)$$

ಪೌಲಿ ಮಾತೃಕೆಗಳಿಗೂ ಈ ಸದಿಶಗಳಿಗೂ ಕೆಳಕಂಡ ಸಂಬಂಧವುಂಟು :

$$\mathbf{e}_A \longleftrightarrow \sigma_A$$

Mನಲ್ಲಿ ಈಗ ನಾಲ್ಕು ಬೆಳಕುರೂಪಕದ ಸದಿಶಗಳನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುತ್ತೇವೆ :

$$
(3.2)\quad \begin{cases} \mathbf{n}_1 = \dfrac{1}{\sqrt{2}}\,(\mathbf{e}_1 + i\mathbf{e}_2) \\[2ex] \mathbf{n}_2 = \dfrac{1}{\sqrt{2}}\,(\mathbf{e}_1 - i\mathbf{e}_2) = \overline{\mathbf{n}_1} \\[2ex] \mathbf{n}_3 = \dfrac{1}{\sqrt{2}}\,(\mathbf{e}_4 + \mathbf{e}_3) \\[2ex] \mathbf{n}_4 = \dfrac{1}{\sqrt{2}}\,(-\mathbf{e}_4 + \mathbf{e}_3) \end{cases}
$$

(3.2)ರಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿತವಾದ $\mathbf{n}_1$ ಮತ್ತು $\mathbf{n}_2$ ಸದಿಶಗಳು ಮಿಶ್ರಿತ ಅನುಬದ್ಧಗಳೆಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ಗಮನಿಸಿರಿ. ಹಾಗೆಯೇ

$$
(3.3)\quad \big(\big(h\,(\mathbf{n}_A\,,\,\mathbf{n}_B)\big)\big) = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & +1 \\ 0 & 0 & +1 & 0 \end{pmatrix}
$$

ಎಂಬ ವಿಷಯವನ್ನೂ ಗಮನಿಸಿರಿ. $(\mathbf{n}_A)$ ಒಂದು ಆಧಾರಗಣ.

ಸ್ಪಿನರಾವರಣ C^2ರಲ್ಲಿ ξ ಮತ್ತು ηಗಳನ್ನು ಆಧಾರ ಸ್ಪಿನರುಗಳನ್ನಾಗಿ ಕೆಳಕಂಡ ಸಮೀಕರಣದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡುತ್ತೇವೆ :

$$
(3.4)\quad \varepsilon_{\text{ತದ}}\,\xi^{\text{ತ}}\eta^{\text{ದ}} = 1
$$

ಈ ಆಧಾರಕ್ಕನುಗುಣವಾದ ξ ಮತ್ತು ηಗಳ ಘಟಕಗಳು ಈ ರೀತಿ ಇವೆ. :

$$
\xi^{\text{೧}} = 1,\ \xi^{\text{೨}} = 0,\ \eta^{\text{೧}} = 0,\ \eta^{\text{೨}} = 1
$$

ಪೌಲಿ ಮಾತೃಕೆಗಳು ಮಿಶ್ರಿತ ಕರ್ಷಗುಣಲಬ್ಧ $C^2 \otimes C^{\bar{2}}$ರಲ್ಲಿವೆ ಎಂದು ತೆಗೆದು ಕೊಂಡರೆ, ಕೆಳಕಂಡ ಸಂಬಂಧಗಳು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತವೆ :

$$
(3.5a)\quad \begin{cases} \mathbf{e}_1 \longleftrightarrow \sigma_1 = \ (\xi \otimes \bar{\eta} + \eta \otimes \bar{\xi}) \\[1ex] \mathbf{e}_2 \longleftrightarrow \sigma_2 = \frac{1}{i}\,(\xi \otimes \bar{\eta} - \eta \otimes \bar{\xi}) \\[1ex] \mathbf{e}_3 \longleftrightarrow \sigma_3 = \ (\xi \otimes \bar{\xi} - \eta \otimes \bar{u}) \\[1ex] \mathbf{e}_4 \longleftrightarrow \sigma_4 = \ (\xi \otimes \bar{\xi} + \eta \otimes \bar{\eta}) \end{cases}
$$

(3.5a) ಮತ್ತು (3.2)ರಿಂದ ಕೆಳಕಂಡ ಸಂಬಂಧಗಳು ಫಲಿಸುತ್ತವೆ :

$$(3.5b)\begin{cases} \mathbf{n}_1 \longleftrightarrow \sqrt{2}\ \xi \otimes \bar{\eta} \\ \mathbf{n}_2 \longleftrightarrow \sqrt{2}\ \eta \otimes \bar{\xi} \\ \mathbf{n}_3 \longleftrightarrow \sqrt{2}\ \xi \otimes \bar{\xi} \\ \mathbf{n}_4 \longleftrightarrow \sqrt{2}\ \eta \otimes \bar{\eta} \end{cases}$$

ಸದಿಶ $\mathbf{u}$ಅನ್ನು ಆಧಾರಗಣ $(\mathbf{n}_A)$ಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಕೆಳಕಂಡ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬರೆಯಬಹುದು.

$$\mathbf{u} = {}'u^A\, \mathbf{n}_A$$

ಇಲ್ಲಿ $\mathbf{u}$ನ ಹೊಸಘಟಕಗಳಿಗೂ ಹಳೆಯಘಟಕಗಳಿಗೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಗಮನಿಸಿರಿ :

$$'u^1 = \frac{1}{\sqrt{2}}\,(u^1 - iu^2)$$

$$'u^2 = \frac{1}{\sqrt{2}}\,(u^1 + iu^2)$$

$$'u^3 = \frac{1}{\sqrt{2}}\,(u^3 + u^4)$$

$$'u^4 = \frac{1}{\sqrt{2}}\,(-u^4 + u^3)$$

ಈಗ u ಅನ್ನು ಕೆಳಕಂಡಂತೆ ಬರೆಯಬಹುದು.

$$\mathbf{u} \longleftrightarrow u^A u_A = U = (u^1 - iu^2)\ \xi \otimes \bar{\eta} + (u^1 + iu^2)\ \eta \otimes \bar{\xi} + (u^3 + u^4)\ \xi \otimes \bar{\xi} + (u^4 - u^3)\ \eta \otimes \bar{\eta}$$

Mನಲ್ಲಿನ ಪ್ರತಿಚರ್ಯ ಕರ್ಷದಿಶಗಳಿಗೂ (Contravariant tensors) ಮತ್ತು $\mathbf{C}^2 \otimes \overline{\mathbf{C}}^2$ ನಲ್ಲಿನ ಪ್ರತಿಚರ್ಯ ತಿರುಗಣಿ ಕರ್ಷದಿಶಗಳಿಗೂ (Contravariant spin tensors) ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾದ ಸಂಬಂಧವಿದೆಯೆಂಬ ವಿಷಯ ಈಗ ವೇದ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. $\mathbf{C}^2$ ಮತ್ತು $\overline{\mathbf{C}}^2$ಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಪ್ರತಿಚರ್ಯ ಕರ್ಷದಿಶ ಬೀಜಾವರಣವನ್ನು ಕೆಳಕಂಡಂತೆ ಬರೆಯುತ್ತೇವೆ.

$$\mathbf{C}\times\mathbf{C}^2\times\overline{\mathbf{C}}^2+\dots+\underbrace{\mathbf{C}^2\times\dots\times\mathbf{C}^2}_{p}\times\underbrace{\mathbf{C}^{2-}\times\dots\times\mathbf{C}^{2-}}_{p}+\dots$$

ಈಗ $M\otimes M$ ಅನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿ. ಅದರ ಆಧಾರಗಣವಾಗಿ $(n_A\otimes n_B)$ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿ. ಈ ಆಧಾರಗಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ $\mathbf{C}^2\otimes\mathbf{C}\otimes^2\overline{\mathbf{C}}^2\otimes\overline{\mathbf{C}}^2$ರಲ್ಲಿರುವ ಆಧಾರಗಣವನ್ನು ಕೆಳಕಂಡಂತೆ ಬರೆಯಬಹುದು.

$$(3.6)\quad\begin{cases} n_1\otimes n_1\leftrightarrow 2\,\xi\otimes\xi\otimes\bar\eta\otimes\bar\eta \\ n_1\otimes n_2\leftrightarrow 2\,\xi\otimes\eta\otimes\bar\eta\otimes\bar\xi,\quad n_2\otimes n_1\leftrightarrow 2\,\eta\otimes\xi\otimes\bar\xi\otimes\bar\eta=\overline{\xi\otimes\eta\otimes\bar\eta\otimes\bar\xi} \\ n_1\otimes n_3\leftrightarrow 2\,\xi\otimes\xi\otimes\bar\eta\otimes\bar\xi,\quad n_3\otimes n_1\leftrightarrow 2\,\xi\otimes\xi\otimes\bar\xi\otimes\bar\eta. \\ n_1\otimes n_4\leftrightarrow -2\,\xi\otimes\eta\otimes\bar\eta\otimes\bar\eta,\quad n_4\otimes n_1\leftrightarrow -2\,\eta\otimes\xi\otimes\bar\eta\otimes\bar\eta, \\ n_2\otimes n_2\leftrightarrow 2\,\eta\otimes\eta\otimes\xi\otimes\bar\xi \\ n_2\otimes n_3\leftrightarrow 2\,\eta\otimes\xi\otimes\bar\xi\otimes\bar\xi,\quad n_3\otimes n_2\leftrightarrow 2\,\xi\otimes\eta\otimes\bar\xi\otimes\bar\xi. \\ n_2\otimes n_4\leftrightarrow -2\,\eta\otimes\eta\otimes\bar\xi\otimes\bar\eta,\quad n_4\otimes n_2\leftrightarrow -2\,\eta\otimes\eta\otimes\bar\eta\otimes\bar\xi. \\ n_3\otimes n_3\leftrightarrow 2\,\xi\otimes\xi\otimes\bar\xi\otimes\bar\xi, \\ n_3\otimes n_4\leftrightarrow -2\,\xi\otimes\eta\otimes\bar\xi\otimes\bar\eta,\quad n_4\otimes n_3\leftrightarrow -2\,\eta\otimes\xi\otimes\bar\eta\otimes\bar\xi \\ n_4\otimes n_4\leftrightarrow 2\,\eta\otimes\eta\otimes\bar\eta\otimes\bar\eta, \end{cases}$$

(3.6) ಅಲ್ಲಿ ಬರುವ ತಿರುಗಣಿ ಕರ್ಷದಿಶಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವನ್ನು (**ಉದಾಹರಣೆ :** $\xi\otimes\eta$) ನಾವು ಮತ್ತಷ್ಟು ಸ್ವಾಭಾವಿಕರೂಪದಲ್ಲಿ ಬರೆಯಬಹುದು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ $\xi\otimes\eta$ ಅನ್ನು ತೆಗೆದು ಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ. ಅದನ್ನು ಅದರ ಸಮರೂಪ (Symmetif) ಮತ್ತು ಅತಿ ರೂಪಗಳ (Symmetric and antisymmetsic parts) ಮೊತ್ತವಾಗಿ ಬರೆಯುತ್ತೇವೆ.

$$\xi\otimes\eta=\tfrac{1}{2}(\xi\otimes\eta+\eta\otimes\xi)+\tfrac{1}{2}(\xi\otimes\eta-\eta\otimes\xi)=\xi(s)\eta+\xi\wedge\eta$$

$\xi\otimes\eta$ದ ಅತಿರೂಪ $\xi\wedge\eta=\frac{1}{2}(\xi\otimes\eta-\eta\otimes\xi)$. ಇದು $\frac{1}{2}\,\varepsilon^{-1}$ ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿ ಆದ್ದರಿಂದ :

$$\xi\otimes\eta=\xi(s)\eta-\tfrac{1}{2}\,\varepsilon^{-1}\ (\varepsilon^{-}=\varepsilon\text{ನ ಪ್ರತಿಲೋಮ})$$

ಹಾಗೆಯೇ,

$$\begin{cases} \eta \otimes \xi = \xi \, (s) \, \eta - \frac{1}{2} \, \varepsilon^{-1} \\ \bar{\xi} \otimes \bar{\eta} = \bar{\xi} \, (s) \, \bar{\eta} + \frac{1}{2} \, \varepsilon^{-1} \\ \bar{\eta} \otimes \bar{\xi} = \bar{\xi} \, (s) \, \bar{\eta} - \frac{1}{2} \, \varepsilon^{-1} \end{cases}$$

ಇವುಗಳನ್ನು (3.6) ಅಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದಾಗ ಕೆಳಕಂಡ ಸಂಬಂಧಗಳೇರ್ಪಡುತ್ತವೆ. (ಇಲ್ಲಿ $c.c.$ ಎಂದು ಬರೆದಾಗ ಯಾವುದೇ ಸ್ಪಿನರಿನ ಮಿಶ್ರಿತ ಅನುಬದ್ಧ ಎಂದರ್ಥ)

$$\mathbf{n}_1 \times \mathbf{n}_2 \longleftrightarrow 2 \, \xi \, (s) \, \xi \times (s) \eta$$

$$\mathbf{n}_1 \times \mathbf{n}_2 \longleftrightarrow 2 \, \xi \, (s) \, \eta \times \bar{\xi} \, (s) \, \bar{\eta} + \varepsilon \times \bar{\xi} \, (s) - \xi \quad (s) \, \bar{\varepsilon} - \frac{1}{2} \, \bar{\varepsilon}^1 \times \bar{\varepsilon}^2$$

$$\mathbf{n}_2 \times \mathbf{n}_1 \longleftrightarrow c{\cdot}c{\cdot}$$

ಯಾವುದೇ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಸ್ಪಿನರುಗಳಿದ್ದಾಗ ಅವುಗಳನ್ನು ಸ್ವಾಭಾವಿಕರೂಪದಲ್ಲಿ ಬರೆಯುವುದರಿಂದ ಆ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ಸೂಕ್ತವಾದ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳೆಲ್ಲವೂ ಸುಲಭವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತವೆ.

ಓದುಗಳು Mನ ಪ್ರತಿಚರ್ಯ ಕರ್ಷದಿಶ ಬೀಜಾವರಣಕ್ಕೆ ಸೇರಿದ ಯಾವುದೆ ಕರ್ಷದಿಶಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ತಿರುಗಣಿ ಕರ್ಷದಿಶವನ್ನು ಮೇಲ್ಕಂಡಂತೆ ಕಂಡು ಹಿಡಿದು ಕೊಳ್ಳಬಹುದು. Mನ ಸಹಚರ್ಯ ಕರ್ಷದಿಶ ಬೀಜಾವರಣಕ್ಕೂ ಮತ್ತು $\hat{C}^2$, $\hat{\bar{C}}^2$ಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸಹಚರ್ಯ ಕರ್ಷದಿಶ ಬೀಜಾವರಣಕ್ಕೂ :

$$C + \hat{C}^2 \otimes \tilde{\tilde{C}}^2 + \cdots + \underbrace{\hat{C}^2 \otimes \cdots \otimes \hat{C}^2}_{p} \otimes \underbrace{\tilde{\tilde{C}}^2 \otimes \cdots \otimes \hat{\tilde{C}}^2}_{p} + \cdots$$

ಇಂತಹದೇ ಆದ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವಿದೆ. ಓದುಗರು ಈ ಸಂಬಂಧವನ್ನೂ ತಾವೇ ಕಂಡು ಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ನಾವು ಇನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸುವುದಿಲ್ಲವಾದರೂ, ಮುಖ್ಯವಾದ ವಿಷಯ ಒಂದನ್ನು ಓದುಗರ ಗಮನಕ್ಕೆ ತರಬಯಸುತ್ತೇವೆ. ಯಾವುದೆ ತಿರುಗಣಿ ಕರ್ಷದಿಶವನ್ನು ಅದರ ಸಮರೂಪ ಮತ್ತು ಅತಿರೂಪಗಳ ಮೊತ್ತವನ್ನಾಗಿ ಬರೆದಾಗ, ಅದರ ಅತಿರೂಪ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ε, $\bar{\varepsilon}^1$ ಮತ್ತು $\bar{\varepsilon}$, $\bar{\varepsilon}^1$ ಇವುಗಳಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯಲ್ಲಾಗಲಿ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಾಗಲಿ ಸಮರೂಪದ ತಿರುಗಣಿ ಕರ್ಷದಿಶಗಳೇ ಬಹುಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವಹಿಸುತ್ತವೆ.

ಈಗ hಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ತಿರುಗಣಿ ಕರ್ಷದಿಶ ಯಾವುದು ಎಂದು ಕಂಡುಹಿಡಿಯು

ತ್ತೇವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಬಹುಮುಖ್ಯವಾದ ಸಮೀಕರಣಗಳೆಂದರೆ (3.3) ಮತ್ತು (3.6). hಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ತಿರುಗಣೆ ಕರ್ಷದಿಶವನ್ನು Φ ಎಂದು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. (3.3)ರಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವ ವಿಷಯವೆಂದರೆ :

$$h(\mathbf{n}_A, \mathbf{n}_B) = \begin{cases} 1, & A=1, 2\ ;\ B=2, 1 \\ -1, & A=3, 4\ ,\ B=4, 3 \\ 0, & A, B = \text{ಮಿಕ್ಕಿಲ್ಲ ಬೆಲೆಗಳು} \end{cases}$$

hಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ತಿರುಗಣೆ ಕರ್ಷದಿಶವನ್ನು Φ ಎಂದು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ ಆಗ :

$$\begin{cases} \Phi\,(2\xi\otimes\eta\otimes\bar{\eta}\otimes\bar{\xi}) = \Phi\,(2\eta\otimes\xi\otimes\bar{\xi}\otimes\bar{\eta}) = 1 \\ \Phi\,(2\xi\otimes\eta\otimes\bar{\xi}\otimes\bar{\eta}) = 1 \end{cases}$$

ಎಂದು ಬರುವ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಗೆ ಧಾತುವಾದವು (3.6). (3.6)ರಲ್ಲಿ $\mathbf{n}_1\otimes\mathbf{n}_2$ ಮತ್ತು $\mathbf{n}_3\otimes\mathbf{n}_4$ಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ತಿರುಗಣೆ ಕರ್ಷದಿಶಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟರೆ ಮತ್ತೆಲ್ಲವು ದರಲ್ಲಿಯೂ ξ ಆಗಲಿ, $\bar{\xi}$ ಆಗಲಿ, η ಆಗಲಿ ಅಥವ $\bar{\eta}$ ಆಗಲಿ ಎರಡು ಸಲ ಬರುತ್ತವೆ. ಈಗ

$$(3.7) \qquad \Phi = +\ \tfrac{1}{2}\,\varepsilon\otimes\bar{\varepsilon}$$

ಎಂದು ಸುಲಭವಾಗಿ ಬರೆಯುತ್ತೇವೆ. K ಒಂದು ಹೊರಾಂಗಣ 2–ರೂಪಕವೆಂದೆನ್ನಿ ಇದು Mನಲ್ಲಿನ ಒಂದು (0, 2) ಚರವುಳ್ಳ ಅತಿರೂಪದ ಕರ್ಷದಿಶ. ಇದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ತಿರುಗಣೆ ಕರ್ಷದಿಶವನ್ನು

$$\phi\otimes\bar{\varepsilon} + \varepsilon\otimes\bar{\psi} \quad (\kappa \text{ ವಾಸ್ತವವಾದಾಗ } \psi=\phi)$$

ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದೆಂಬ ವಿಷಯ Kನ ಅತಿರೂಪದಿಂದಲೂ ಸಮೀಕರಣ (3.6) ರಿಂದಲೂ ವೇದ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ϕ ಒಂದು ಸಮರೂಪಿಗಳಾದ ಸಹಚರ್ಯ ತಿರುಗಣೆ ಕರ್ಷದಿಶ ಮತ್ತು $\phi\ \varepsilon\ \hat{C}^2(s)\hat{C}^2$. ಹಾಗೆಯೇ $\bar{\psi}\ \varepsilon\ \hat{\bar{C}}^2\ (s)\ \hat{\bar{C}}^2$.

ಓದುಗರು ಈಗ ಸಮೀಕರಣ (3.2) ಯಾವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಾದರೂ ನಿಜವಾಗುವುದೆಂಬ ವಿಷಯವನ್ನೂ ತಾವೇ ಸಾಧಿಸಬಹುದು.

ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಅವಕಲನದ ಬಗೆಗೆ ವಿಚಾರಮಾಡುತ್ತೇವೆ. ಇಲ್ಲಿ ಸ್ಥಳಾಭಾವದಿಂದಾಗಿ ಅವಕಲನದ ವಿಚಾರಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಪರಿಚಯ ಮಾಡಿ

ಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ. ಈ ಪರಿಚಯ ಸ್ಪಿನರುಗಳಿಗೂ ಪೆನ್ ರೋಸ್‌ನ ಟ್ವಿಸ್ಟರುಗಳಿಗೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಓದುಗರಿಗೆ ಸಲಹಾತ್ಮಕವಾಗಿ ತಿಳಿಸುತ್ತದೆಂಬುದು ನಮ್ಮ ಭಾವನೆ.

§4. ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಅವಕಲನ

ಮಿಂಕೌಸ್ಕಿ ಆವರಣವು ಒಂದು ವಾಸ್ತವ ಸರಳ ಸಮಾನಾವರಣ M ಎಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ಈಗ ನೆನಪಿಗೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ. Mನಲ್ಲಿನ ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬೀಯ ಕಾರ್ತೇಸನ ನಿರ್ದೇಶಕಗಳಾದ x^A Mನಲ್ಲಿ ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬೀಯ ವಾಸ್ತವ ಸದಿಶಗಳಾದ $(\mathbf{e}_A)$ಅನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುತ್ತೇವೆ. ಅವಕಲ ಪ್ರಕ್ರಿಯಾ ರೂಪಕಗಳಾದ $\frac{\partial}{\partial x^A}$ಅನ್ನು ಸದಿಶಗಳಾದ $\mathbf{e}_A$ ನಿರೂಪಿಸುತ್ತವೆ.

$$\mathbf{e}_A \longleftrightarrow \frac{\partial}{\partial x^A}$$

ಮಿಂಕೌಸ್ಕಿ ಆವರಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಸ್ಪಿನರಾವರಣ $\mathbf{C}^2 \otimes \overline{\mathbf{C}}^2$. ಈ ಸ್ಪಿನರಾವರಣದ ಮಿಶ್ರಿತ ವಿಮಿತಿ 4 ಮತ್ತು ಅದರ ವಾಸ್ತವ ವಿಮಿತಿ 8. $\mathbf{C}^2 \otimes \overline{\mathbf{C}}^2$ನ ಆಧಾರವಾಗಿ $\xi\otimes\bar{\xi}$, $\xi\otimes\bar{\eta}$, $\eta\otimes\bar{\xi}$, $\eta\otimes\bar{\eta}$ ಸ್ಪಿನರುಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು ಈ ಆಧಾರ ಗಣದ ಸಹಾಯದಿಂದ $\mathbf{C}^2 \otimes \overline{\mathbf{C}}^2$ನ್ನು ಒಂದು ಮಿಶ್ರಿತ ಸಮಾನಾವರಣವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡುತ್ತೇವೆ. (z^A)ಅನ್ನು ಕಾರ್ತೇಸನ ಮಿಶ್ರಿತ ನಿರ್ದೇಶಗಳನ್ನಾಗಿ ತೆಗೆದು ಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ. Mನ ಯಾವುದೇ ಬಿಂದುವಿನ ಸ್ಥಾನಸದಿಶವನ್ನು $x^A\mathbf{e}_A$ ಎಂದು ಬರೆದರೆ, ಇದೇ ಬಿಂದುವಿನ ಸ್ಥಾನ ಸದಿಶವನ್ನು (3.2)ರಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿದ ಹೊಸ ಬೆಳಕು ರೂಪದ ಆಧಾರದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಕೆಳಕಂಡಂತೆ ಬರೆಯಬಹುದು :

$$(4.1a)\quad x^A\,\mathbf{e}_A = z^A\,\mathbf{n}_A$$

ಇಲ್ಲಿ ಮಿಶ್ರಿತ ಚರಗಳಾದ z^Aಗಳ ಬೆಲೆ ಈ ರೀತಿ ಇದೆ :

$$(4.2b)\quad \begin{cases} \sqrt{2}\, z^1 = (x^1 - ix^2) \\ \sqrt{2}\, z^2 = x^1 + ix^2 = \sqrt{2}\bar{z}^1 \\ \sqrt{2}\, z^3 = x^3 + x^4 \\ \sqrt{2}\, z^4 = x^3 - x^4 \end{cases}$$

ಸಮೀಕರಣ $(4.1a,\ b)$ಗಳು ಮಿಂಕೌಸ್ಕಿ ವಾಸ್ತವ ಸಮಾನಾವರಣವನ್ನು ಮಿಶ್ರಿತ ಸಮಾನಾವರಣ $\mathbf{C}^2 \otimes \overline{\mathbf{C}}^2$ರಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸುತ್ತವೆ. $\mathbf{C}^2 \otimes \overline{\mathbf{C}}^2$ರಲ್ಲಿನ ಮತ್ತು

Mನಲ್ಲಿನ ಅವಕಲ ಪ್ರಕ್ರಿಯಾ ರೂಪಕಗಳಿಗೆ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕೆಳಕಂಡಂತೆ ಈಗ ಬರೆಯಲು ಸಾಧ್ಯ :

$$(4.1c)\quad \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \frac{\partial}{\partial z^1} = \frac{\partial}{\partial x^1} - i \frac{\partial}{\partial x^2} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \frac{\partial}{\partial z^2} = \frac{\partial}{\partial x^2} + i \frac{\partial}{\partial x^2} \\ \left.\begin{array}{l} \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \frac{\partial}{\partial z^3} = \frac{\partial}{\partial x^3} + \frac{\partial}{\partial x^4} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \frac{\partial}{\partial z^4} = \frac{\partial}{\partial x^3} - \frac{\partial}{\partial x^4} \end{array}\right\} (z^4 = \bar{z}^3) \end{cases}$$

Mನಲ್ಲಿನ ಫಲನವನ್ನು $\mathbf{C}^2 \otimes \overline{\mathbf{C}}^2$ರಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿತವಾದ ಫಲವನ್ನಾಗಿ ತೆಗೆದು ಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ. ಇದರ ಅವಕಲನವನ್ನು $\mathbf{C}^2 \otimes \overline{\mathbf{C}}^2$ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು (4.1)ರಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ನಿಯಮಗಳಿಗನುಗುಣವಾಗಿ Mನ ಅವಕಲನವನ್ನು ಮಾಡುತ್ತೇವೆ.

ಮಿಂಕೌಸ್ಕಿ ಸಮಾನಾವರಣವು (ಮಿಶ್ರಿತ) ಸಮಾನಾವರಣ $\mathbf{C}^2 \otimes \mathbf{C}^{-2}$ರಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿತವಾಗುವುದು ಎಂಬ ವಿಷಯ ಇಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದದ್ದು. ಮಿಂಕಾಸ್ಕಿ ಅವರಣದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿತವಾದ ಯಾವುದೇ ಫಲನವು $\mathbf{C}^2 \otimes \overline{\mathbf{C}}^2$ರಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿತವಾದ ಒಂದು ಫಲನದ ನಿಂರ್ಬಂಧನೆಯೆಂಬ ವಿಷಯ ಈಗ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಗಣಿತದಲ್ಲಿ ಸರ್ವೇಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ವಿಷಯವೆಂದರೆ: ವಾಸ್ತವ ಪೃಥಕ್ಕರಣಕ್ಕಿಂತ ಮಿಶ್ರಿತ ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಸುಲಭವಾದದ್ದು ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚು ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಉಳ್ಳದ್ದು. ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಭೌತಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಗೂ ಕ್ರಿಯಾರೂಪಕಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ಪ್ರಕ್ರಿಯಗಳಿಗೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧಗಳನ್ನು ಅವಕಲ ಸಮೀಕರಣಗಳು ಮಿಶ್ರಿತಾವರಣಗಳಲ್ಲಿನ ಸಾಮಾನ್ಯಕರಣ ದಿಂದ ಬಹಳ ಸುಲಭವೂ ಹೆಚ್ಚು ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಉಳ್ಳವು ಆಗುತ್ತವೆ. ಈ ವಾದಸರಣಿಯೇ ಪೆನರೋಸನ ಟ್ವಿಸ್ಟರು (Twistors)ಗಳಿಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿವೆ.

ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಅವಕಲನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ವಿಷಯಗಳ ಬಗೆಗೆ ವಿವರಣೆ ಕೊಡುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿಲ್ಲ. ಸ್ಥಳಾಭಾವ ಒಂದು ಕಾರಣ, ಆದರೆ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಅವಕಲನವನ್ನು ಹೆಚ್ಚುವ್ಯಾಪ್ತಿಯುಳ್ಳ ಮತ್ತು $\mathbf{C}^2 \times \overline{\mathbf{C}}^2$ರಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿತ-ವಾದ ಅವಕಲನದ ಸಹಾಯದಿಂದ ನಿರೂಪಣೆ ಮಾಡುವುದೇ ಉತ್ತಮ ಎಂಬ ಲೇಖಕನ ಅಭಿಪ್ರಾಯವೇ ಕಾರಣ. ಈ ಲೇಖನದ ಮುಂದಿನ ಭಾಗವಾದ "ಮಿಶ್ರಿತ ಜ್ಯಾಮಿತಿ"ಯಲ್ಲಿ ಈ ಅಭಿಪ್ರಾಯದ ಮೇರೆಗೆ ಅವಕಲನವನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟಗೊಳಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಸ್ಪಿನರುಗಳಿಗಿರುವ ಪಾತ್ರದ ಬಗೆಗೆ ವಿವರಕೊಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿಲ್ಲ. ಲೇಖಕನ ಅಭಿಪ್ರಾಯದಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ವ್ಯಾಸಂಗವನ್ನು ಮಿಶ್ರಿತ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ರಂಗದಲ್ಲಿ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವವರೆಗೆ ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಪಾತ್ರ ಅಷ್ಟು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಮತ್ತು ಸ್ಫುಟವಾಗಿ ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ.

ಪೆನರೋಸನ ಟ್ವಿಸ್ಟರುಗಳ ಬಗೆಗೂ ಮತ್ತು ಮಿಶ್ರಿತ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ಬಗೆಗೂ ಆಕರದ 11 ಮತ್ತು 12ರಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿರುವ ಗ್ರಂಥಗಳನ್ನು ಓದುಗರು ನೋಡಬೇಕು.

ಸೂಚನೆ: $\hbar = h/2\pi$

ಆಕರ

1. *Eli'e Cartan* : "Les groupes projectifs quine laissent invariante aucune multiplicit'e plan", Bulletin de Societ'e de Mathematique de France vol. **41**, pp. 53–96 (1913)
2. *Wolfgang Pauli* : "Zur Quantenmechanik des Magnetische Electrons", Zeitschirft fur physik, vol. **43**, p. 601, (1927).
3. *P.A·M. Dirac* : "Relativislic Theory of the Elec, trons" Proceedings of the Royal Society of London. vol. A **117**- Pp. 610–(1928)

(ಡಿರಾಕನ ಗ್ರಂಥವಾದ "Principle of Quantum Mechanics" (Oxfasd University Press, 4th Ed. 1962) ನಲ್ಲಿನ 11ನೇ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಗುಣಗಳನ್ನು ಕೂಲಂಕುಶವಾಗಿ ವಿಶದ ಪಡಿಸಲಾಗಿದೆ.)

4. *Vaglav Hlavat'y*: "Spinor Space and Line Geometry"–I Canadian Journal of Mathematics, vol. **3**, Pp. 442–459 (1950)
5. ,, "Spinor space and Line geometry"–II Journal of Rational Mechanics and Analysis, vol, 1 Pp. 321–329 (1952)

6. ,, "Spinor Connexion in the unified Field Theory of Relativity" Proceedings of the National Academy of sciences, U.S.A. vol. 39, Pp. 501–506 (1953)

(ಹ್ಲವಾಟಿಯ ಗ್ರಂಥವಾದ "Geometry of Einstein's Unified Feld Theory" (P. Noordhoff,Ltd, Groningen, Holland, 1958) 6 ನೇ ಅಧ್ಯಾಯದ ಎರಡನೆಯ ಭಾಗವು ನಾಲ್ಕು ಘಟಕಗಳ ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಅಧ್ಯಯನಕ್ಕೆ ಮೀಸಲಾಗಿದೆ. ಇಲ್ಲಿ ನಾಲ್ಕು ಘಟಕಗಳ (ಅಥವ 4–ಸ್ಪಿನರುಗಳ) ಬಗೆಗೆ ಕೂಲಂಕುಶ ವಿವರಣೆ ಇದೆ. ಹ್ಲವಾಟಿಯು ತನ್ನದೇ ಆದ ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ಸ್ಪಿನರುಗಳ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಮಂಡಿಸಿದ್ದಾನೆ. ಈ ಸುಂದರವಾದ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನನ ಸಂಯೋಜಿತರಂಗದ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಕೆಲವು ಮೂಲಭೂತ ತತ್ವಗಳನ್ನು ನಿಗಮನ ಮಾಡಿದ್ದಾನೆ.)

7. *Vaclav Hlavaty*: "Geometry of Einstein's Unified Filed Theory", (P. Noordhoff, Groningen, Holland) P. 288, Theorem (19.6) (1958)

8. *G. Y. Rainich*: Proc. of the National Academy of Science vol. 10, P. 124 (1924)

9. ,, Transactions of the American Mathematical society, vol. 27, P. 106 (1925)

10. *Ch. Misner & J. A. Wheeler* Classical pluysics as Geometry Journal of pluysics, Vol. 2 P. 525–660 (1957)

11. *E. J. Flaherty*: Hermitian and Kahlerian Geometry in Relativity, Lecture Notes in physics, vol. 46, springer-verlag (1978)

12. *R. O. Wells*: Complex Manifolds and Mathematatial physics, Bulletin of the American Mathematical society, (New series, vol. 1, P. 296–336 (1979)

ಸಾಮಾಜಿಕ ನ್ಯಾಯ ಹಾಗೂ ಸಾಮಾಜಿಕ ಜವಾಬ್ದಾರಿಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ನನಗಿರುವ ಗಾಢವಾದ ಆಸಕ್ತಿ ಒಂದು ಕಡೆ, ಜನರೊಡನೆ ನೇರ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನಿಟ್ಟು ಕೊಳ್ಳುವ ಬಗ್ಗೆ ಇರುವ ತೀವ್ರ ನಿರಾಸಕ್ತಿ ಇನ್ನೊಂದು ಕಡೆ. ಈ ವಿರೋಧಾಭಾಸ ನನಗೇ ಒಂದು ಕೌತುಕದ ವಿಷಯ. ನಾನು ಸದಾ ಒಂಟಿಯಾಗಿರುವ ಪ್ರಾಣಿ; ಮಂದೆಯಲ್ಲಿರಲು ನಾನು ಯೋಗ್ಯನಲ್ಲ. ಒಂದು ದೇಶ ಅಥವ ಒಂದು ರಾಷ್ಟ್ರಕ್ಕಾಗಲಿ, ಗೆಳೆಯರ ಒಂದು ಗುಂಪಿಗಾಗಲಿ, ನಾನು ಎಂದು ಮನಸಾರೆ ಸೇರಿಯೇ ಇಲ್ಲ. ಅಷ್ಟೇಕೆ, ನನ್ನ ಸ್ವಂತ ಕುಟುಂಬಕ್ಕೆ ಸಹ ಒಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹೊರಗಿನವನಾಗಿಯೇ ಉಳಿದಿದ್ದೇನೆ. ಈ ಬಗೆಯ ಬಂಧಗಳಿಂದ ನಾನು ಸದಾ ಒಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮುಕ್ತನಾಗಿಯೇ ಇದ್ದೇನೆ. ವರುಷಗಳು ಕಳೆದಂತೆಲ್ಲ ನನ್ನಪಾಡಿಗೆ ನಾನಿರಬೇಕೆಂಬ ಆಸೆ ತೀವ್ರವಾಗುತ್ತಿದೆ. ಈ ತೆರನಾದ ಏಕಾಂಗಿತನ ಕೆಲವು ವೇಳೆ ಬಹು ಕಹಿಯಾದುದು, ನಿಜ. ಆದರೂ ಇತರರ ಅನುಕಂಪ, ಸಹಾನುಭೂತಿಗಳು ನನಗೆ ದೊರಕದೆ ಹೋಗಿರುವುದರಿಂದ ನನಗೆ ಎಂದೂ ವ್ಯಥೆಯಾಗಿಲ್ಲ. ಅದರಿಂದ ನನಗೆ ನಷ್ಟ ಎಂಬುದೇನೋ ನಿಜ. ಆದರೆ, ಆ ನಷ್ಟವನ್ನು ತುಂಬಿಕೊಡುವ ಒಂದು ಲಾಭ ಅದರಿಂದ ನನಗೆ ಲಭಿಸಿದೆ. ಇತರರ ವಾಡಿಕೆಗಳು, ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳು ಮತ್ತು ಪೂರ್ವಗ್ರಹಗಳು ಯಾವುವು ನನಗೆ ಅಂಟಿಕೊಂಡಿಲ್ಲ.

—ಅಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್

ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ : ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯಗಳ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ವಿಜ್ಞಾನ ಕುರಿತು

ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ಲನ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ವಿಜ್ಞಾನವನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಪ್ರಸ್ತುತದಲ್ಲಿ ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಂಡಿರುವಂತೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಿದಾಗ, ಆ ಪ್ರಕೃತಿ ಘಟನೆಯಲ್ಲಿ ಸಹಜವಾಗಿರುವಂತೆ ಕಾಣದ ಅಸಮಸಂಗತಿಗಳಿಗೆ ಅದು ಕೊಂಡೊಯ್ಯುವು ದೆಂಬುದು ತಿಳಿದಿದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಒಂದು ಕಾಂತ ಮತ್ತು ಒಂದು ವಾಹಕದ ವಿಲೋಮ ವಿದ್ಯುಚ್ಬಲ ವಿಜ್ಞಾನ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಿ. ಇಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸಬಹು ದಾದ ಪ್ರಕೃತಿ ಘಟನೆಯು ವಾಹಕ ಮತ್ತು ಕಾಂತದ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯ ಮೇಲೆ ಮಾತ್ರ ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಹಾಗಾದರೂ ಬಳಕೆಯ ದೃಷ್ಟಿಯು ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಈ ಕಾಯಗಳ ಒಂದು ಇಲ್ಲವೆ ಮತ್ತೊಂದರಲ್ಲಿನ ಎರಡು ವಿಷಯಗಳ ನಡುವೆ ತೀಕ್ಷ್ಣ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಎಳೆಯುವುದು. ಏಕೆಂದರೆ ಕಾಂತವು ಚಲನೆಯಲ್ಲಿದ್ದು ವಾಹಕ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿದ್ದರೆ ಕಾಂತದ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲೂ ಎಲ್ಲಿ ವಾಹಕದ ಭಾಗ ಗಳಿರುವುವೊ ಆ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರವೊಂದು ಉಟಾಗುವುದು. ಆದರೆ ಕಾಂತ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿದ್ದು ವಾಹಕ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಕಾಂತದ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಲ್ಲಿ ಯಾವ ವಿದ್ಯುತ್ಕ್ಷೇತ್ರವೂ ಉಂಟಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದಾಗ್ಯೂ ವಾಹಕದಲ್ಲಿ, ಅದರೊಳಗೆ ಯಾವುದಕ್ಕೆ ಸಮರೂಪದ ಶಕ್ತಿಯಿಲ್ಲವೋ ಆದರೆ ಯಾವುದು—ಚರ್ಚಿಸಿದ ಎರಡು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯ ಸಮಾನತೆಯನ್ನು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಾ–ಅದೇ ಪಥದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಮತ್ತು ಮೊದಲಿನ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲಗಳಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಗೊಂಡಂತಹ ತೀಕ್ಷ್ಣ ವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವುದೋ ಅಂತಹ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಚಾಲಕಬಲವನ್ನು ನಾವು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ.

ಈ ರೀತಿಯ ಉದಾಹರಣೆಗಳು "ಬೆಳಕಿನ ಮಾಧ್ಯಮ"ಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಭೂಮಿಯ ಯಾವುದಾದರು ಚಲನೆಯನ್ನು ಆವಿಷ್ಕರಿಸಲು ಮಾಡಿದ ವೈಫಲ್ಯಪೂರಕ ಪ್ರಯತ್ನಗಳೊಟ್ಟಿಗೆ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವಿಜ್ಞಾನ ಹಾಗೂ ಮೆಕಾನಿಕ ಪ್ರಕೃತಿ ಘಟನೆಗಳು, ನಿರಪೇಕ್ಷ ನಿಶ್ಚಲದ ಅಭಿಪ್ರಾಯಕ್ಕೆ ಅನುರೂಪವಾದ ಯಾವ ಗುಣಗಳನ್ನೂ ಪಡೆದಿಲ್ಲ ವೆಂಬುದನ್ನು ಸೂಚಿಸುವುವು. ಹಾಗಲ್ಲದೆ ಅವು ಅಲ್ಪಪರಿಮಾಣಗಳ ಮೊದಲಮಟ್ಟದ ನಿಖರತೆಗೆ ಈಗಾಗಲೆ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, ಯಾವುದಕ್ಕೆ ಮೆಕಾನಿಕದ ಸಮೀಕರಣಗಳು

ಸರಿಹೊಂದುವುವೊ ಆ ಎಲ್ಲಾ ಪರಾಮರ್ಶನ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳಿಗೆ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ದ್ಯುತೀವಿಜ್ಞಾನದ ಅದೇ ನಿಯಮಗಳು ಸರಿಹೊಂದುವುವು. ನಾವು ಈ ಊಹೆಯನ್ನು (ಯಾವುದರ ತಾತ್ಪರ್ಯವು ಇನ್ನು ಮುಂದೆ 'ಸಾಪೇಕ್ಷತ್ವದ ತತ್ವ'ವೆಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವುದೊ) ಆಧಾರ ಕಲ್ಪನೆಯ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ವರ್ಧಿಸೋಣ, ಜತೆಗೆ ಮೊದಲಿನದ ರೊಡನೆ ತೋರಿಕೆಯಾಗಿ ಮಾತ್ರ ಹೊಂದಿಕೆಯಾಗಿರದ, ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯದ ಚಲನ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿರುವ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವೇಗ c ಯಿಂದ ಬೆಳಕು ಯಾವಾಗಲೂ ಶೂನ್ಯ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರಗೊಳ್ಳುವುದೆಂಬ ಮತ್ತೊಂದು ಆಧಾರ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನೂ ಸಹ ಸೇರಿಸೋಣ. ನಿಶ್ಚಲಕಾಯಗಳಿಗೆ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯಗಳ ಒಂದು ಸರಳ ಹಾಗೂ ಏಕರೂಪದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವಿಜ್ಞಾನದ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಈ ಎರಡು ಆಧಾರ ಕಲ್ಪನೆಗಳು ಸಾಕಾಗುವುವು. ಇಲ್ಲಿ ಬೆಳಸುತ್ತಿರುವ ಅಭಿಪ್ರಾಯಕ್ಕೆ ವಿಶೇಷಗುಣಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಒಂದು 'ನಿರಪೇಕ್ಷವಾಗಿಯೂ ನಿಶ್ಚಲ ಆಕಾಶ'ದ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದಲೂ ಹಾಗೂ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಕಾರ್ಯಗಳು ಜರುಗುವ ಶೂನ್ಯ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿನ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿಗೆ ಒಂದು ವೇಗ-ಸದಿಶವನ್ನು ವಹಿಸಿಕೊಡಬೇಕಾಗಿಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದಲೂ 'ಪ್ರಕಾಶೀಯ ಈಥರ್'ನ ಪರಿಚಯವು ಅನಾವಶ್ಯಕವೆಂದು ಸಾಧಿಸಲ್ಪಡುವುದು.

ಬೆಳಸಬೇಕಾಗಿರುವ ಸಿದ್ಧಾಂತವು-ಎಲ್ಲಾ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವಿಜ್ಞಾನದಂತೆ—ದೃಢಕಾಯದ ಗತಿ ವಿಜ್ಞಾನದ ಮೇಲೆ ಆಧಾರಗೊಂಡಿದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಯಾವ ಅಂತಹ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರತಿಪಾದನೆಯೂ ದೃಢಕಾಯಗಳು (ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು), ಗಡಿಯಾರಗಳು ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ಸಂಬಂಧಗಳಿಗೆ ಸೇರಿದುದಾಗಿದೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದ ಅಪರಿಪೂರ್ಣ ಪರಿಶೀಲನೆಯೂ ಸದ್ಯದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯಗಳ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲವಿಜ್ಞಾನ ಎದುರಿಸುತ್ತಿರುವ ತೊಂದರೆಗಳ ಬುಡದಲ್ಲಡಗಿದೆ.

ಗತೀಯಭಾಗ

ಏಕಕಾಲದ ನಿರೂಪಣೆ

ನ್ಯೂಟನ್ನಿನ ಮೆಕಾನಿಕದ ಸಮೀಕರಣಗಳು ಸರಿಹೊಂದುವ† ಒಂದು ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ನಾವು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ನಮ್ಮ ಪರಿಚಯ ಮಂಡನೆಯನ್ನು

† ಮೊದಲಿನ ಉಪಸಮತೆಗೆ. * ಒಂದು (Abstraction) ಕಲ್ಪನೆಯಿಂದ ತೆಗೆದುಹಾಕಬಲ್ಲ ಮತ್ತು ಉಪಸಮವಾಗಿಯೂ ಒಂದೆ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಘಟನೆಗಳ ಏಕಕಾಲಿಕದ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಅನಿಖರತೆಯನ್ನೂ ನಾವು ಇಲ್ಲಿ ಚರ್ಚಿಸುವುದು ಬೇಡ.

ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರವಾಗಿ ಮಾಡಲು ಮತ್ತು ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಪರಿಚಯಗೊಳಿಸುವ ಬೇರೆಯುದರಿಂದ ಈ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಕಂಠೋಕ್ತವಾಗಿಯೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲು ನಾವು ಅದನ್ನು "ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆ"ಯೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಒಂದು ದ್ರವ್ಯ ಬಿಂದುವು ಈ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕ–ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿಯೂ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿದ್ದರೆ, ಅಳತೆಯ ಕಠಿಣಶಿಷ್ಟಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿಕೊಂಡು ಮತ್ತು ಯೂಕ್ಲಿಡನ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಅದರ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಅದಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು ಹಾಗೂ ಕಾರ್ಟೇಸಿಯ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳಲ್ಲಿ ನಮೂದಿಸಬಹುದು.

ಒಂದು ದ್ರವ್ಯ ಬಿಂದುವಿನ ಚಲನೆಯನ್ನು ನಾವು ವಿವರಿಸಲಿಚ್ಛಿಸಿದರೆ ಅದರ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಕಾಲದ ಉತ್ಪನ್ನಗಳಂತೆ ಕೊಡುತ್ತೇವೆ. "ಕಾಲ" ಎಂಬುದು ನಮ್ಮ ತಿಳುವಳಿಕೆ ಏನೆಂಬುದು ನಿಮಗೆ ವಿಷದವಾಗಿರದ ಹೊರತು ಈರೀತಿ ಗಣಿತೀಯ ವಿವರಣೆಗೆ ಯಾವ ಭೌತಿಕ ಅರ್ಥವೂ ಇಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನೂ ನಾವು ಈಗ ಎಚ್ಚರಿಕೆಯಿಂದ ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ನಿಮಗೆ ವಿಷದವಾಗಿರದ ಹೊರತು ಕಾಲವು ಒಂದು ಪಾತ್ರವನ್ನು ನಿರ್ವಹಿಸುವ ನಮ್ಮ ಎಲ್ಲಾ ತೀರ್ಮಾನಗಳು ಯಾವಾಗಲೂ ಏಕಕಾಲದ ಸಂಭವಗಳ ತೀರ್ಮಾನಗಳೆಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಲೆಕ್ಕಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ' ''ಆ ಟ್ರೈನು ಇಲ್ಲಿ 7 ಗಂಟೆಗೆ ಬರುವುದು" ಎಂದು ನಾನು ತಿಳಿಸಿದರೆ ನನ್ನ ಅರ್ಥ ಈರೀತಿಯಲ್ಲಿರುವುದು ; ನನ್ನ ಗಡಿಯಾರದ ಚಿಕ್ಕಮುಳ್ಳು 7ಕ್ಕೆ ತೋರಿಸುತ್ತಿರುವುದು ಮತ್ತು ಟ್ರೈನು ಬರುವುದು ಏಕಕಾಲದ ಘಟನೆಗಳಾಗಿವೆ"*

''ಕಾಲದ" ನಿರೂಪಣೆಯಲ್ಲಿ ಹಾಜರಾಗುವ ಎಲ್ಲಾ ತೊಂದರೆಗಳನ್ನು ಮೀರಿ ಬರಲು 'ಕಾಲಕ್ಕೆ' ನನ್ನ ಗಡಿಯಾರದ ಚಿಕ್ಕಮುಳ್ಳಿನ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ನಮೂದಿಸುವುದರಿಂದ ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದು ಎಂದು ಕಾಣಬಹುದು. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಗಡಿಯಾರ ಸ್ಥಾನಗೊಂಡಿರುವ ಸ್ಥಳಕ್ಕೆ ಬೇರೆಯಾಗಿಯೇ ಒಂದು ಕಾಲವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಲು ನಾವು ಆಸಕ್ತಿಗೊಂಡಿರುವಾಗ ಅಂತಹ ನಿರೂಪಣೆಯೂ ಸಂತುಷ್ಟಕರವಾಗಿದೆ; ಆದರೆ ಅನೇಕ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ಜರುಗುತ್ತಿರುವ ಘಟನೆಗಳ ಶ್ರೇಣಿಯನ್ನು ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಲು, ಅಥವಾ– ಯಾವುದಕ್ಕೆ ಅದು ಸೇರುವುದೆಂದರೆ ಗಡಿಯಾರದಿಂದ ಬಹುದೂರದ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ಜರುಗುತ್ತಿರುವ ಘಟನೆಗಳ ಕಾಲಗಳನ್ನು ಲೆಕ್ಕಹಾಕಲು ಅದು ಇನ್ನು ತೃಪ್ತಿಕರವಾಗಿಲ್ಲ.

ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಗಡಿಯಾರದೊಡನೆ ಸ್ಥಾನಮಾಡಿಕೊಂಡಿರುವ ಮತ್ತು ಕಾಲ ನಿರ್ಧರಿಸಬೇಕಾದ ಪ್ರತಿಘಟನೆಯಿಂದ ಹೊರಬಂದ ಮತ್ತು ಶೂನ್ಯ ಆಕಾಶದ ಮೂಲಕ ಆತನನ್ನು ಸೇರಿದ ಬೆಳಕಿನ ಸಂಕೇತಗಳಿಂದ ಮುಳ್ಳುಗಳ ಅನುರೂಪ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಬ್ಬ ವೀಕ್ಷಕನಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಾಲದ ಮೌಲ್ಯಗಳಿಂದ ನಾವು ತೃಪ್ತಗೊಳ್ಳಬಹುದು ತಾನೆ ಆದರೆ, ನಮಗೆ ಅನುಭವದಿಂದ ತಿಳಿದಿರುವಂತೆ, ವಾಚು ಅಥವಾ ಗಡಿಯಾರದಿಂದ ವೀಕ್ಷಕನ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಸ್ವತಂತ್ರವಲ್ಲ

ವೆಂಬ ಪ್ರತಿ ಈ ನಿರ್ದೇಶತ್ವಕ್ಕಿದೆ. ಈ ಕೆಳಗಿನ ಯೋಚನಾ ನೇರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ನಾವು ಬರುತ್ತೇವೆ.

ಆಕಾಶದ A ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗಡಿಯಾರವಿದ್ದರೆ, A ಯಲ್ಲಿರುವ ವೀಕ್ಷಕನೊಬ್ಬ A ಯ ಅತ್ಯಂತ ಹತ್ತಿರದ ಸುತ್ತಣ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿನ ಘಟನೆಗಳ ಕಾಲ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಈ ಘಟನೆಗಳೊಡನೆ ಏಕಕಾಲಿಕವಾಗಿರುವ ಮುಳ್ಳುಗಳ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುತ್ತ ನಿರ್ಧರಿಸಬಲ್ಲ. ಆಕಾಶದ B ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ A ನಲ್ಲಿರುವುದನ್ನು ಎಲ್ಲಾ ರೀತಿಯಲ್ಲೂ ಹೋಲುತ್ತಿರುವ ಮತ್ತೊಂದು ಗಡಿಯಾರವಿದ್ದರೆ, B ನಲ್ಲಿರುವ ವೀಕ್ಷಕನೊಬ್ಬನಿಗೆ Bಯ ಹತ್ತಿರದ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದಲ್ಲಿನ ಘಟನೆಗಳ ಕಾಲದ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯ. ಆದರೆ, ಕಾಲದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ, ಇನ್ನಾವ ಮುಂದಿನ ಊಹೆಯೂ ಇಲ್ಲದೆ, Aಯ ಒಂದು ಘಟನೆಯೊಡನೆ Bಯ ಘಟನೆಯನ್ನು ಹೋಲಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಇದುವರೆಗೆ ನಾವು "A ಕಾಲ" ಮತ್ತು "B ಕಾಲ" ಮಾತ್ರ ನಿರೂಪಿಸಿದ್ದೇವೆ. A ಮತ್ತು Bಗೆ ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ "ಕಾಲ" ನಾವು ನಿರೂಪಿಸಿಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ ಬೆಳಕು Aಯಿಂದ Bಗೆ ಚಲಿಸಲು ಬೇಕಾದ 'ಕಾಲ' Bಯಿಂದ ಅದು Aಗೆ ಚಲಿಸಲು ಬೇಕಾದ "ಕಾಲ"ಕ್ಕೆ ಸಮವೆಂದು ನಾವು ನಿರೂಪಣೆಯಿಂದ ಸಾಧಿಸದಿದ್ದರೆ ಎರಡನೆಯದನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಲಾಗದು. A ಯಿಂದ B ಕಡೆಗೆ A ಕಾಲ t_Aದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಒಂದು ಕಿರಣ ಹೊರಡಲಿ, 'Bಯ ಕಾಲ' t_B ಯಲ್ಲಿ Bಯಲ್ಲಿ A ನೇರದಲ್ಲಿ ಅದು ಪ್ರತಿಫಲಿತಗೊಳ್ಳಲಿ ಮತ್ತು ಪುನಃ "A ಕಾಲ" t_A^1ಯಲ್ಲಿ A ನ್ನು ಬಂದು ಸೇರಲಿ.

$$t_B - t_A = t_A^1 - t_B$$ ಆದರೆ ನಿರೂಪಣೆಯ ಪ್ರಕಾರ

ಎರಡು ಗಡಿಯಾರಗಳು ಸಮಕಾಲಿಕವಾಗುವುವು.

ಸಮಕಾಲಿಕದ ಈ ನಿರೂಪಣೆಯು ವಿರೋಧಾಭಾಸಗಳಿಂದ ಮುಕ್ತವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಮತ್ತು ಎಷ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಬಿಂದುಗಳಿಗೂ ಸಾಧ್ಯವೆಂದು, ಮತ್ತು ಈ ಕೆಳಕಂಡ ಸಂಬಂಧಗಳು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕವಾಗಿಯೂ ಸಾಧುವಾಗಿರುವುವು :—

1. B ಅಲ್ಲಿರುವ ಗಡಿಯಾರವು A ಅಲ್ಲಿರುವ ಗಡಿಯಾರದೊಡನೆ ಸಮಕಾಲಿಕವಾದರೆ, Aಯಲ್ಲಿರುವ ಗಡಿಯಾರವು B ಅಲ್ಲಿರುವ ಗಡಿಯಾರದೊಡನೆ ಸಮಕಾಲಿಕವಾಗುವುದು.

2. A ಅಲ್ಲಿರುವ ಗಡಿಯಾರವು B ಅಲ್ಲಿರುವ ಗಡಿಯಾರ ಮತ್ತು Cಅಲ್ಲಿರುವ ಗಡಿಯಾರದೊಡನೆಯೂ ಸಹ ಸಮಕಾಲಿಕವಾದರೆ, B ಮತ್ತು C ಅಲ್ಲಿರುವ ಗಡಿಯಾರಗಳು ಸಹ ಪರಸ್ಪರ ಸಮಕಾಲಿಕವಾಗುವುವು.

ಹೀಗೆ ಯಾವುದೋ ಕಲ್ಪನಾ ಭೌತಿಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾನಗೊಂಡಿರುವ ನಿಶ್ಚಲಗಡಿಯಾರಗಳ ಸಮಕಾಲಿಕವೇನೆಂಬುದನ್ನು

ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಂಡಿರುವೆವು, ಮತ್ತು ವಾಸ್ತವವಾಗಿಯೂ "ಏಕಕಾಲಿಕ" ಅಥವಾ "ಸಮಕಾಲಿಕ" ಮತ್ತು "ಕಾಲ"ದ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದೇವೆ. ಘಟನೆಯ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾನಗೊಂಡ ನಿಶ್ಚಲ ಗಡಿಯಾರದಿಂದ ಈ ಗಡಿಯಾರ ಸಮಕಾಲಿಕವಾಗಿರುವ ಮತ್ತು ಎಲ್ಲಾ ಕಾಲದ ನಿರ್ಧಾರಗಳಿಗೆ ವಿಶಿಷ್ಟಗೊಳಿಸಿದ ನಿಶ್ಚಲಗಡಿಯಾರದೊಡನೆ ಸಮಕಾಲಿಕವಾಗಿರುವ, ಘಟನೆಯೊಡನೆ ಸಮಕಾಲಿಕವೆಂದು ನೀಡುವುದೇ ಘಟನೆಯ 'ಕಾಲ'. ಅನುಭವದೊಡನೆ ಒಪ್ಪುವಂತೆ ನಾವು ಇನ್ನು ಮುಂದೆ

$$\frac{2\,AB}{t^1_A - t_A} = c$$

ಒಂದು ವಿಶ್ವೀಯ ನಿಯತಾಂಕವಾಗಿರುವಂತೆ ಒಂದು ಪರಿಮಾಣವನ್ನು—ಶೂನ್ಯ ಆಕಾಶ ದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ–ನಾವು ಊಹಿಸುತ್ತೇವೆ.

ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿರುವ ನಿಶ್ಚಲ ಗಡಿಯಾರಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಕಾಲವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುವುದು ಬಹಳ ಅವಶ್ಯಕವಾಗಿದೆ, ಮತ್ತು ಈಗ ನಿರೂಪಿಸಿದ ಕಾಲವು ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಯುಕ್ತವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದನ್ನು ನಾವು "ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಕಾಲ" ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ.

§ 2. ಕಾಲಗಳ ಮತ್ತು ಉದ್ದಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷತೆಯ ಮೇಲೆ

ಈ ಕೆಳಕಂಡ ಆಲೋಚನೆಗಳು ಸಾಪೇಕ್ಷ ತತ್ವದಮೇಲೆ ಮತ್ತು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದನಿಯತ ತತ್ವಗಳಮೇಲೆ ಆಧಾರಗೊಂಡಿವೆ. ಈ ಎರಡು ತತ್ವಗಳನ್ನು ಕೆಳಕಂಡಂತೆ ನಿರೂಪಿಸುವೆವು :

1. ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳುವ ಭೌತಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಸ್ಥಿತಿಗಳಮೇಲೆ ಪರಿಣಾಮಗಳಾಗ ದಿರುವ ನಿಯಮಗಳು, (ಸ್ಥಿತಿಯ ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಸಮಸ್ಥಾನಾಂತರ ಚಲನೆ ಯಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಒಂದು ಅಥವಾ ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಪರಾಮರ್ಶಿತಗೊಳ್ಳಲಿ ಅಥವಾ ಇಲ್ಲದಿರಲಿ)

2. ಕಿರಣವು ನಿಶ್ಚಲವಾದ ಅಥವಾ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯದಿಂದಾಗಲಿ ಉತ್ಸರ್ಜಿತಗೊಂಡ ನಿರ್ಧರಿಸಿದವೇಗ c ಯಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ "ನಿಶ್ಚಲ" ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಯಲ್ಲಿ ಯಾವ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣವಾಗಲಿ ಚಲಿಸುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ

$$\text{ವೇಗ} = \frac{\text{ಬೆಳಕಿನ ಪಥ}}{\text{ಕಾಲಾವಧಿ}}$$

ಇಲ್ಲಿ ಕಾಲಾವಧಿಯನ್ನು ಮೊದಲ ಭಾಗದಲ್ಲಿನ ನಿರೂಪಣೆಯ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ತೆಗೆದು ಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

ಒಂದು ನಿಶ್ಚಲ ದೃಢಕೋಲೊಂದನ್ನು ನೀಡಿರಲಿ ; ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವ ಒಂದು ಅಳತೆಕೋಲಿನಿಂದ ಅಳತೆ ಮಾಡಿದಂತೆ ಅದರ ಅಳತೆಯು l ಆಗಿರಲಿ. ಕೋಲಿನ ಅಕ್ಷವು ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ x ಅಕ್ಷದ ಗುಂಟ ಇರಲೆಂದು ನಾವು ಊಹಿಸುತ್ತೇವೆ. ಮತ್ತು x ಅಕ್ಷದ ಗುಂಟ x ಹೆಚ್ಚುತ್ತಿರುವ ನೇರದಲ್ಲಿ V ವೇಗದಿಂದ ಸಮಾನಾಂತರ ಸ್ಥಾನಾಂತರ ಸಮಚಲನೆಯನ್ನು ನಂತರ ಕೋಲಿಗೆ ನೀಡಿದೆ. ಈಗ ನಾವು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕೋಲಿನ ಉದ್ದವನ್ನು ಕುರಿತು ವಿಚಾರಿಸೋಣ ಮತ್ತು ಕೆಳಕಂಡ ಎರಡು ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಅದರ ಉದ್ದವನ್ನು ನಿಷ್ಕರ್ಷಿಸೋಣ :

(*a*) ವೀಕ್ಷಕನು ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಅಳತೆಮಾಡುವ ಕೋಲು ಮತ್ತು ಅಳತೆ ಮಾಡಬೇಕಾದ ಕೋಲು ಇವುಗಳ ಜತೆಗೆ ಚಲಿಸುವನು, ಮತ್ತು ಅಳತೆ ಮಾಡುವ ಕೋಲನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಸಂಪಾತಗೊಳಿಸುತ್ತಾ, ಎಲ್ಲಾ ಮೂರೂ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿದ್ದರೆ ಮಾಡುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಕೋಲಿನ ಉದ್ದವನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡುವನು.

(*b*) ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿದ ನಿಶ್ಚಲಗಡಿಯಾರದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಮತ್ತು ಒಂದನೆ ಭಾಗಕ್ಕೆ ಅನುರೂಪವಾಗಿ ಏಕಕಾಲಿಕಗೊಳಿಸುತ್ತಾ, ವೀಕ್ಷಕನು ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಯಾವ ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟಕಾಲದಲ್ಲಿ ಅಳತೆ ಮಾಡಬೇಕಾದ ಕೋಲುಗಳ ಎರಡು ತುದಿಗಳು ಸ್ಥಾನಗೊಂಡಿರುವುವು ಎಂಬುದನ್ನು ನಿಶ್ಚಯಿಸುತ್ತಾನೆ. ಈಗಾಗಲೆ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಅಳತೆಗೋಲಿನಿಂದ ಅಳತೆಮಾಡಿದ ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವ, ಈ ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳ ನಡುವಣದೂರ (''ಕೋಲಿನ ಉದ್ದ''ವೆಂದ) ಗುರುತು ಮಾಡಬಹುದಾದ ಉದ್ದವಾಗಿದೆ.

ಸಾಪೇಕ್ಷತ್ವ ತತ್ವಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ (*a*) ಕಾರ್ಯದಿಂದ ಆವಿಷ್ಕರಿಸಲ್ಪಡುವುದು–"ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಕೋಲಿನ ಉದ್ದ" ಎಂದು ನಾವು ಅದನ್ನು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ–ನಿಶ್ಚಲ ಕೋಲಿನ ಉದ್ದ l ಗೆ ಸಮವಾಗಿರಲೇಬೇಕು :

(*b*) ಕಾರ್ಯದಿಂದ ಆವಿಷ್ಕರಿಸಲ್ಪಡುವ ಉದ್ದವನ್ನು ನಾವು "ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ (ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ) ಕೋಲಿನ ಉದ್ದ" ಎಂದು ನಾವು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಇದನ್ನು ನಮ್ಮ ಎರಡು ತತ್ವಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ನಿರ್ಧರಿಸೋಣ ಮತ್ತು ಅದು l ನಿಂದ ಬೇರೆಯಾಗುವುದನ್ನು ನಾವು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ.

ಈ ಎರಡು ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಉದ್ದಗಳು ನಿಖರವಾಗಿಯು ಸಮವಾಗಿವೆಯೆಂಬುದನ್ನು ಪ್ರಚಲಿತ ಗತಿ ವಿಜ್ಞಾನವು ಗುಪ್ತವಾಗಿ ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು, ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ದೃಢಕಾಯದ ಪ್ರಾರಂಭ (epoch) t ಯಲ್ಲಿ ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ಗುಣಗಳಲ್ಲಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರುವ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವ ಅದೇ ಕಾಯದಿಂದ ಸಮಗ್ರವಾಗಿ ಪ್ರತಿನಿಧಿಸಲ್ಪಡಬಹುದು.

ಕೋಲಿನ ಎರಡು ತುದಿ A ಮತ್ತು B ಗಳಲ್ಲಿ, ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಗಡಿಯಾರಗಳೊಡನೆ ಏಕಕಾಲಿಕವಾಗುವ ಗಡಿಯಾರಗಳನ್ನು ಇಟ್ಟಿದೆ ಎಂದು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳೋಣ,

ಹಾಗೆಂದರೆ, ಯಾವುದಾದರು ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಸೂಚನೆಗಳು ಯಾವುದಾದರು ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಅವುಗಳು ಎಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುವುವೋ ಆ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ "ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಕಾಲ"ಕ್ಕೆ ಅನುರೂಪವಾಗಿರುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಗಡಿಯಾರಗಳು "ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಏಕಕಾಲಿಕವಾಗಿರುವುವು."

ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಗಡಿಯಾರದೊಡನೆಯೂ ಓರ್ವ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವೀಕ್ಷಕನಿದ್ದಾನೆ, ಮತ್ತು ಈ ವೀಕ್ಷಕರು ಎರಡು ಗಡಿಯಾರಗಳ ಸಮಕಾಲಿಕಕ್ಕೆ ಭಾಗ ಒಂದರಲ್ಲಿ ಸ್ಥಿರ ಪಡಿಸಿದ ಒರೆಗಲ್ಲನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸರೆಂದು ನಾವು ಮತ್ತೆ ಊಹಿಸೋಣ. t_A ಕಾಲದಲ್ಲಿ* A ಯಿಂದ ಒಂದು ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣ ಹೊರಡಲಿ, B ಯಲ್ಲಿ t_B ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಅದು ಪ್ರತಿಫಲಿತಗೊಳ್ಳಲಿ, ಮತ್ತು t_A' ಕಾಲದಲ್ಲಿ A ಯನ್ನು ಪುನಃ ಸೇರಲಿ. ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದ ನಿಯತತೆಯ ತತ್ವದ ಪರಿಶೀಲನೆಯನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ

$$t_B-t_A=\frac{r_{AB}}{c-V} \text{ ಮತ್ತು } t'_A-t_B=\frac{r_{AB}}{c+V}$$

ಎಂದು ನಾವು ಕಾಣುವೆವು, ಇಲ್ಲಿ r_{AB} ಯು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕೋಲಿನ ಉದ್ದವನ್ನು–ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅಳತೆಮಾಡಿದ ಉದ್ದವನ್ನು–ಸೂಚಿಸುವುದು. ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕೋಲಿನೊಡನೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವೀಕ್ಷಕರು ಎರಡು ಗಡಿಯಾರಗಳು ಸಮಕಾಲಿಕವಲ್ಲವೆಂದು ಆದರೆ ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿನ ವೀಕ್ಷಕರು ಗಡಿಯಾರಗಳು ಸಮಕಾಲಿಕವೆಂದು ಘೋಷಿಸುವರು.

ಹೀಗೆ ಏಕಕಾಲಿಕದ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗೆ ಯಾವ ನಿರುಪಾಧಿಕ ಸಂಕೇತವನ್ನು ನಾವು ಸೇರಿಸಲಾರೆವೆಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ, ಆದರೆ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ, ಏಕಕಾಲಿಕವಾಗಿರುವ ಎರಡು ಘಟನೆಗಳು, ಆವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ಗಮನಿಸಿದಾಗ ಏಕಕಾಲಿಕ ಘಟನೆಗಳೆಂದು ತಿಳಿಯಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

3. ಒಂದು ನಿಶ್ಚಲವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ಇದಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಸ್ಥಾನಾಂತರ ಸಮಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಮತ್ತೊಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳು ಮತ್ತು ಕಾಲಗಳ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸಿದ್ಧಾಂತ :

"ನಿಶ್ಚಲ" ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ಎರಡು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ, ಅಂದರೆ, ಮೂರುದೃಢ ಪ್ರವ್ಯರೇಖೆಗಳ ಪ್ರತಿಯೊಂದೂ, ಒಂದಕ್ಕೊಂದು

* ಇಲ್ಲಿ ''ಕಾಲ"ವು ''ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಕಾಲ'' ಮತ್ತು "ಚರ್ಚೆಗೊಳಪಟ್ಟ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರುವ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಗಡಿಯಾರದ ಕೈಗಳ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನೂ'' ಸಹ ಸೂಚಿಸುವುದು.

ಲಂಬವಾಗಿ ಮತ್ತು ಒಂದೇ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಹೊರಬರುವ, ಎರಡು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು. ಎರಡು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ x ಅಕ್ಷಗಳು ಐಕ್ಯವಾಗಲಿ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ y ಮತ್ತು z ಅಕ್ಷಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರಲಿ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲೂ ಒಂದು ದೃಢ ಅಳತೆಕೋಲು ಹಾಗೂ ಅನೇಕ ಗಡಿಯಾರಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿರಲಿ ಮತ್ತು ಎರಡು ಅಳತೆಕೋಲುಗಳು ಹಾಗೂ ಅದೇರೀತಿ ಎರಡು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಎಲ್ಲಾ ಗಡಿಯಾರಗಳು ಸರ್ವವಿಧದಲ್ಲೂ ಒಂದೇ ರೀತಿಯಿರಲಿ.

ಈಗ ಎರಡು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲೊಂದರ ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೆ (k) ಮತ್ತೊಂದು ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆ (K) ಯ x ಹೆಚ್ಚುತ್ತಿರುವ ನೇರದಲ್ಲಿ ಸಮವೇಗ V ಯನ್ನು ಆರೋಪಿಸಿರಲಿ, ಮತ್ತು ಈ ವೇಗ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ಅಕ್ಷಗಳಿಗೆ ಸೂಕ್ತ ಅಳತೆಗೋಲು ಮತ್ತು ಗಡಿಯಾರಗಳಿಗೆ ಪ್ರಸಾರಗೊಳ್ಳಲಿ

oK ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಯಾವುದಾದರೂ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಅಕ್ಷಗಳ ನಿರ್ದಿಷ್ಟಸ್ಥಾನ ಅನ್ವಯುವಾಗುತ್ತದೆ, ಮತ್ತು ಸಮರೂಪತೆಯ ಕಾರಣಗಳಿಂದ k ಯ ಚಲನೆಯು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಅಕ್ಷಗಳು t ಕಾಲದಲ್ಲಿ ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಅಕ್ಷಗಳಿಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರಬಹುದೆಂಬ ರೀತಿ ಊಹಿಸಲು ನಮಗೆ ಹಕ್ಕಿದೆ.

ನಿಶ್ಚಲ ಅಳತೆ–ಗೋಲಿನ ಸಹಾಯದಿಂದ ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆ K ಯಿಂದ ಮತ್ತು ಅದರೊಡನೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಅಳತೆಗೋಲಿನ ಸಹಾಯದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ k ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದಲೂ ಸಹ ಅಳತೆಮಾಡುವಂತೆ ಆಕಾಶವನ್ನು ನಾವು ಈಗಲೂ ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ; ಹೀಗಾಗಿ ಕ್ರಮವಾಗಿ x, y, z, ಮತ್ತು ξ, η, ζ, ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳನ್ನು ನಾವು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. ಇನ್ನೂ ಮುಂದೆ, ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಕಾಲ t ಅನ್ನು ಭಾಗ ಒಂದರಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಸಂಕೇತಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಗಡಿಯಾರಗಳಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಬಿಂದುಗಳಿಗೆ ನಿರ್ಧರಿಸುವಂತಾಗಲಿ. ಸಾದೃಶವಾಗಿ, ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಕಾಲ τ ಅನ್ನು ಭಾಗ ಒಂದರಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿರುವಂತೆ, ಕೊನೆಯ ಗಡಿಯಾರಗಳು ಸ್ಥಾನಗೊಂಡಿರುವ ಬಿಂದುಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಬೆಳಕಿನ ಸಂಕೇತಗಳ ವಿಧಾನವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತಾ ಆ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವ, ಗಡಿಯಾರಗಳಿರುವ, ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಎಲ್ಲಾ ಬಿಂದುಗಳಿಗೂ, ನಿರ್ಧರಿಸುವಂತಾಗಿರಲಿ.

ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಘಟನೆಯು ಸ್ಥಳ ಮತ್ತು ಕಾಲ ಎಲ್ಲವನ್ನು ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸುವ $x\ y\ z\ t$ ಮೌಲ್ಯಗಳ ಯಾವುದಾದರು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ, k ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿರುವ ಘಟನೆಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವ ξ, η ζ, τ ಮೌಲ್ಯಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಸೇರಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಈಗ ನಮ್ಮ ಕೆಲಸವೆಂದರೆ ಈ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸುವ ಸಮೀಕರಣಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವುದೇ ಆಗಿದೆ.

ಮೊದಲ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಆಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಾಲಕ್ಕೆ ನಾವು ಆದೇಶಿಸುವ ಸಜಾತೀಯ ಗುಣಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಸಮೀಕರಣಗಳು ರೇಖೀಯವಾಗಿರಬೇಕೆಂದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿದೆ.

ನಾವು $x'=x-vt$ ಇಟ್ಟರೆ, k ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವ ಬಿಂದುವು ಕಾಲದಿಂದ ಮುಕ್ತವಾದ x, y, z ಮೌಲ್ಯಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕೆಂದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿದೆ. ಮೊದಲಿಗೆ τ ಅನ್ನು x,y,z ಮತ್ತು tಗಳ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿ ನಾವು ನಿರೂಪಿಸುತ್ತೇವೆ. ಇದನ್ನು ಮಾಡಲು ಸಮೀಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಭಾಗ ಒಂದರಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ನಿಯಮಕಾಲಿಕಗೊಳಿಸಿರುವ, k ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವ ಗಡಿಯಾರಗಳ ಮಾಹಿತಿಗಳ ಸಾರಾಂಶವಲ್ಲದೆ τ ಮತ್ತೇನೂ ಅಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಸ್ಪಷ್ಟಗೊಳಿಸಲೇ ಬೇಕು.

k ಕೇಂದ್ರ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ $\times$–ಅಕ್ಷರನೇರದಲ್ಲಿ x'ಗೆ τ_0 ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಿರಣ ಹೊರಸೂಸಲ್ಪಡಲಿ, ಮತ್ತು ನಂತರ τ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೆ ಅಲ್ಲಿ τ_2 ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಸೇರುವಂತೆ ಪ್ರತಿಫಲಿತಗೊಳ್ಳಲಿ ; ನಂತರ ನಾವು $\frac{1}{2}(\tau_0+\tau_2)=\tau_1$ ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ, ಅಥವಾ τ ಉತ್ಪನ್ನದ ಚರಭಾಗವನ್ನು (arguments) ಒಳಸೇರಿಸುತ್ತಾ ಮತ್ತು ನಿಶ್ಚಲವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದ ನಿಯತತೆಯ ತತ್ವವನ್ನು ಆದೇಶಿಸುತ್ತಾ :

$$\frac{1}{2}\left[\tau(0,0,0,t)+\tau\left(0,0,0,t+\frac{x^1}{c-v}+\frac{x^1}{c-v}\right)\right]$$

$$=\tau\left[x^1,0,0,t+\frac{x^1}{c-v}\right]$$

ಆದ್ದರಿಂದ, x^1ಅನ್ನು infinitesimally ಅಲ್ಪವೆಂದು ಆಯ್ಕೆಮಾಡಿದರೆ,

$$\frac{1}{2}\left(\frac{1}{c-v}+\frac{1}{c-v}\right)\frac{\partial\tau}{\partial t}=\frac{\partial\tau}{\partial t'}+\frac{1}{c-v}\quad\frac{\partial\tau}{\partial t}$$

ಅಥವಾ

$$\frac{\partial\tau}{\partial x^1}+\frac{v}{c^2v^2}\quad\frac{\partial\tau}{\partial t}=0$$

ಕಿರಣದ ಕೇಂದ್ರ ಬಿಂದುವಿಗೆ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ಕೇಂದ್ರವನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡುವ ಬದಲು ಮತ್ತಾವುದಾದರು ಬಿಂದುವನ್ನು ಆಯ್ಕೆ ಮಾಡಬಹುದಾಗಿತ್ತೆಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಬಹುದು, ಮತ್ತು ಈಗತಾನೆ ಪಡೆದ ಸಮೀಕರಣವು, ಆದ್ದರಿಂದ, ಎಲ್ಲಾ x^1, y, z ಮೌಲ್ಯಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದು.

ಒಂದು ಸಾದೃಶಪರಿಶೀಲನೆ—y ಮತ್ತು z ಅಕ್ಷಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಿದ–ಬೆಳಕು ಯಾವಾಗಲೂ ಈ ಅಕ್ಷಗಳನೇರದಲ್ಲಿ, ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ, $\sqrt{c^2-v^2}$ ವೇಗದಿಂದ ಪ್ರಸಾರವಾಗಿದೆಯೆಂಬುದನ್ನು ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ,

$$\frac{\partial \tau}{\partial y}=0, \frac{\partial \tau}{\partial z}=0$$

ನಮಗೆ ನೀಡುವುದು. τ ಒಂದು ರೇಖೀಯ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ

$$\tau = a\left(t-\frac{v}{c^2-v^2}x^1\right)$$

ಹೊರಹೊಮ್ಮುವುದು ; ಇಲ್ಲಿ a ಯು ಸದ್ಯಕ್ಕೆ ಗೊತ್ತಿಲ್ಲದ ಉತ್ಪನ್ನ $\phi(v)$ ಆಗಿದೆ, ಮತ್ತು ಹ್ರಸ್ವಕ್ಕಾಗಿ k ಯ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ $t=0$ ಆದಾಗ $\tau=0$ ಎಂದು ಊಹಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಈ ಫಲಿತಾಂಶದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅಳತೆ ಮಾಡಿದಾಗ (ಸಾಪೇಕ್ಷತತ್ವದ ಜತೆಗೂಡಿರುವ ಬೆಳಕಿನ ನಿಯತತೆಯ ತತ್ವದಿಂದ ಆವಶ್ಯವಾಗಿರುವಂತೆ) ಬೆಳಕು c ವೇಗದಿಂದ ಪ್ರಸಾರಗೊಳ್ಳುವುದೆಂಬ ಸಮೀಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ರೂಢಿಸುತ್ತಾ ξ, η, ζ, ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ನಾವು ಸುಲಭವಾಗಿ ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತೇವೆ. $\tau=0$ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ξ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಿರುವ ನೇರದಲ್ಲಿ ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಿದ ಬೆಳಕಿನ

ಕಿರಣಕ್ಕೆ $\xi=c\tau$ ಅಥವಾ $\xi=ac\left(t-\frac{v}{c^2-v^2}x^1\right)$ ಆದರೆ $c-v$

ವೇಗದಿಂದ $\frac{x^1}{c-v}=t$

ಆಗುವಂತೆ, ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅಳತೆ ಮಾಡಿದಾಗ, ಕಿರಣವು ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ k ಯ ಪ್ರಾರಂಭದ ಬಿಂದುವಿಗೆ ಚಲಿಸುವುದು.

t ಯ ಈ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ξ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಆದೇಶಿಸಿದಾಗ ನಾವು

$\xi=a\frac{c^2}{c^2-v^2}x^1$ ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. ಸಾದೃಶ ರೂಪದಲ್ಲಿ, ಕಿರಣಗಳು ಇತರ

ಎರಡು ಅಕ್ಷಗಳ ನೇರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವುದನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸುವುದರಿಂದ $\frac{y}{c^2-v^2}=$

$t^1, x^1=o$ ಆದಾಗ $\eta=c\tau=ac\left(t-\frac{v}{c^2-v^2}x^1\right)$

ಆಗುವುದನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಹೀಗೆ

$$\eta=a\frac{c}{\sqrt{c^2-v^2}}\,y \text{ ಮತ್ತು } \zeta=a\frac{c}{\sqrt{c^2-v^2}}\,z.$$

x^1ಗೆ ಅದರ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಆದೇಶಿಸಿದರೆ

$$\tau=\phi(v)\,\beta\left(t-\frac{vx}{c^2}\right)$$

$$\xi=\phi(v)\beta(x-vt)$$
$$\eta=\phi(v)y$$
$$\zeta=\phi(v)z.$$

ಎಂಬುದಾಗಿ ನಾವು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ; ಇಲ್ಲಿ $\beta=\frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$ ಮತ್ತು ϕಯು ಇನ್ನೂ ಗೊತ್ತಿಲ್ಲದ vಯ ಒಂದು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿದೆ. ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಪ್ರಾರಂಭ ಬಿಂದುವಿನ ವಿಷಯವಾಗಿ ಮತ್ತು τನ ಶೂನ್ಯಬಿಂದುವಿನ ವಿಷಯವಾಗಿ ಯಾವ ಊಹೆಯನ್ನೂ ಮಾಡದಿದ್ದರೆ, ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಪ್ರತಿಯೊಂದರ ಬಲಭಾಗದಲ್ಲೂ ಒಂದು ಸಂಕಲಾತ್ಮಕ ನಿಯತಾಂಕವನ್ನು ಇಡಬೇಕು.

ಬೆಳಕಿನ ಯಾವ ಕಿರಣವಾಗಲಿ, ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅಳತೆಮಾಡಿದಾಗ, ನಿಶ್ಚಲವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಸಂಗತಿಯಿರುವುದಾದರೆ, ನಾವು ಊಹಿಸಿಕೊಂಡಿರುವಂತೆ, c ವೇಗದಿಂದ ಪ್ರಸಾರಗೊಳ್ಳುವುದೆಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಈಗ ಸಾಧಿಸಬೇಕು; ಏಕೆಂದರೆ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದ ನಿಯತತೆಯ ತತ್ವವು ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ತತ್ವದೊಡನೆ ಹೊಂದಿಕೆಯಾದುದೆಂಬ ಸಾಧನೆಯನ್ನು ನಾವು ಇನ್ನೂ ಮಂಡಿಸಿಲ್ಲ.

$t=\tau=o$ ಕಾಲದಲ್ಲಿ, ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ಕೇಂದ್ರವು ಎರಡು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಿಗೆ ಸಾಮಾನ್ಯವಾದಾಗ, ಅಲ್ಲಿಂದ ಒಂದು ಗೋಳೀಯ ಅಲೆ ಉತ್ಸರ್ಜಿತಗೊಳ್ಳಲಿ, ಮತ್ತು K ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ c ವೇಗದಿಂದ ಪ್ರಸಾರಗೊಳ್ಳಲಿ. ಈ ಅಲೆಯು ಸೇರಲ್ಪಟ್ಟ ಬಿಂದು (x, y, z) ಆದರೆ ಆಗ

$$x^2+y^2+z^2=c^2t^2$$

ನಮ್ಮ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಈ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಳಿಸಿದರೆ ಒಂದು ಸರಳ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದಿಂದ

$$\xi^2+\eta^2+\zeta^2=c^2\tau^2$$

ಅನ್ನು ನಾವು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಅಲೆಯು c ವೇಗದಿಂದ ಪ್ರಸಾರಗೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವ ಗೋಳೀಯ ಅಲೆಯಿಂದ ಯಾವ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಪಡೆದಿರುವುದಿಲ್ಲ. ನಮ್ಮ ಎರಡು ಮೂಲಭೂತ ತತ್ವಗಳು ಹೊಂದಿಕೆಯಾಗಿವೆ* ಯೆಂಬುದನ್ನು ಇದು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.

ಇಲ್ಲಿ ಬೆಳೆಸಿರುವ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸಮೀಕರಣಗಳಲ್ಲಿ, ನಾವು ಈಗ ನಿರ್ಧರಿಸುವ, vಯ ϕ ಅಜ್ಞಾತ ಉತ್ಪನ್ನ ಸೇರುತ್ತದೆ.

ಈ ಕಾರಣಕ್ಕಾಗಿ k ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ X ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ಸ್ಥಾನಾಂತರ ಚಲನೆಯ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ, k ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ಕೇಂದ್ರವು X ಅಕ್ಷದ ಮೇಲೆ-v ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವಂತೆ, ನಾವು K^1 ಎಂಬ ಮೂರನೆ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಮಂಡಿಸುತ್ತೇವೆ. $t=0$ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲಾ ಮೂರು ಕೇಂದ್ರಗಳು ಜೊತೆಗೂಡಿರಲಿ ಮತ್ತು $t=x=y=z=0$ ಆದಾಗ K' ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ t' ಕಾಲವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರಲಿ. K^1 ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅಳತೆಮಾಡಿದ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳನ್ನು ನಾವು $x^1\ y^1\ z^1$ ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ ಮತ್ತು ನಮ್ಮ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಎರಡು ಬಾರಿ ಅನ್ವಯಿಸುವುದರಿಂದ

$$t' = \phi(-v)\ \beta(-v)\ \left(t+\frac{v\xi}{c^2}\right) = \phi(v)\ \phi(-v)t$$

$$\begin{aligned} x' &= \phi(-v)\ \beta(-v)\ (\xi+v\tau) &&= \phi(v)\ \phi(-v)x \\ y' &= \phi(-v)\ \eta &&= \phi(v)\ \phi(-v)y \\ z' &= \phi(-v)\ \zeta &&= \phi(v)\ \phi(-v)z \end{aligned}$$

ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

x^1, y^1, z^1 ಮತ್ತು x, y, zಗಳ ನಡುವಣ ಸಂಬಂಧಗಳು ಕಾಲ tಯನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರದಕಾರಣ, K ಮತ್ತು K^1 ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು ಒಂದು ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದಂತೆ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವುವು, ಮತ್ತು K ಯಿಂದ K^1ಗೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯು ಒಂದೇ ರೂಪದ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗಿರಬೇಕೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿದೆ. ಹೀಗಾಗಿ,

$$\phi(v)\phi(-v)=1$$

ಈಗ ನಾವು $\phi(v)$ಯ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯನ್ನು ಶೋಧಿಸಬೇಕು. $\xi=0$, $\eta=0$, $\S=0$, ಮತ್ತು $\xi=0$, $\eta=l$, $\zeta=0$ಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಇರುವ k ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ Y ಅಕ್ಷದ ಭಾಗಕ್ಕೆ ನಾವು ನಮ್ಮ ಗಮನವೀಯೋಣ. Y ಅಕ್ಷದ ಈ ಭಾಗವು K ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ v ವೇಗದಿಂದ ತನ್ನ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಕೋಲಾಗಿದೆ. Kಯಲ್ಲಿ ಅದರ ತುದಿಗಳು

$$x_1 = vt,\ y_1 = \frac{l}{\phi(v)},\ z_1 = o$$

ಮತ್ತು $x_2 = vt \quad y_2 = o \qquad z_2 = o$.

ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿವೆ. Kಯಲ್ಲಿ ಅಳತೆ ಮಾಡಿದಂತೆ ಕೋಲಿನ ಉದ್ದ ಆದ್ದರಿಂದ $l/\phi(v)$ ಆಗಿದೆ; ಇದು $\phi(v)$ ಉತ್ಪನ್ನದ ಅರ್ಥವನ್ನು ನಮಗೆ ನೀಡುವುದು. ಸಮರೂಪತೆಯ ಕಾರಣಗಳಿಂದ ತನ್ನ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ದತ್ತಕೋಲಿನ ಉದ್ದವು, ನಿಶ್ಚಲವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅಳತೆಮಾಡಿದರೆ, ವೇಗವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಅವಲಂಬಿಸಿರಬೇಕು. ಆದರೆ ದಿಕ್ಕು ಮತ್ತು ಚಲನೆಯ ನೇರವನ್ನಲ್ಲ ಎಂಬುದು ಈಗ ವಿದಿತವಾಗಿದೆ. ನಿಶ್ಚಲವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅಳತೆಮಾಡಿದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕೋಲಿನ ಉದ್ದವು, ಆದ್ದರಿಂದ, v ಮತ್ತು $-v$ ಅದಲು ಬದಲುಗೊಳಿಸಿದರೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ

$$l/\phi(v) = l/\phi(-v) \qquad \text{ಅಥವಾ}$$
$$\phi(v) = \phi(-v)$$

ಎಂದಾಗುವುದು. ಈ ಸಂಬಂಧದಿಂದ ಮತ್ತು ಹಿಂದೆ ಕಂಡುಹಿಡಿದುದರಿಂದ $\Phi(\nu)=1$ ಎಂದಾಗುವುದು, ಆದ್ದರಿಂದ

$$\tau = \beta\left(t - \frac{vx}{c^2}\right)$$
$$\xi = \beta(x - \nu t)$$
$$\eta = y$$
$$\zeta = z$$

ಎಂಬ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸಮೀಕರಣಗಳು ಬರುವುವು; ಇಲ್ಲಿ $\beta = \dfrac{1}{\sqrt{1-\nu^2/c^2}}$

4. ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ದೃಢಕಾಯಗಳ ಮತ್ತು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಗಡಿಯಾರಗಳ ಸಂಬಂಧವಾಗಿ ಪಡೆದ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಭೌತಿಕ ಅರ್ಥ

ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ k ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿಯೂ, ಅದರ ಕೇಂದ್ರವು k ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವ, R ತ್ರಿಜ್ಯದ ದೃಢಗೋಳವೊಂದನ್ನು ನಾವು ಆಲೋಚಿಸೋಣ. K ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ v ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಈ ಗೋಳದ ಮೇಲ್ಮೈನ ಸಮೀಕರಣ

$$\xi^2+\eta^2+\zeta^2=R^2$$

ಆಗಿದೆ. $t=0$ ಕಾಲದಲ್ಲಿ x, y, z ಗಳಲ್ಲಿ ಬರೆದ ಈ ಸಮೀಕರಣವು

$$\left(\frac{x^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\right)^2+y^2+z^2=R^2$$

ಆಗಿದೆ. ನಿಶ್ಚಲಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಅಳತೆಮಾಡಿದರೆ, ಗೋಳಾಕಾರದಲ್ಲಿರುವ ದೃಢಕಾಯವೊಂದು, ಆದ್ದರಿಂದ ಚಲನಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ—ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ

$$R\sqrt{1-v^2/c^2}\ ,\ R;\ R$$

ಅಕ್ಷಗಳಿರುವ ಭ್ರಮಣ ಅಂಡಾಕೃತಿ (Elliposoid of Revolution) ಘನರೂಪ ಪಡೆದಿದೆ.

ಹೀಗೆ, ಚಲನೆಯಿಂದ ಗೋಳದ y ಮತ್ತು z ವಿಮಿತಿಗಳು ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳುವಂತೆ ಕಾಣದಿದ್ದಾಗ್ಯೂ (ಆದ್ದರಿಂದ ಯಾವುದೇ ರೂಪದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ದೃಢಕಾಯವಾಗಲಿ), X ವಿಮಿತಿಯು $1:\sqrt{1-v^2/c^2}$ ಅನುಪಾತಾಂಕದಲ್ಲಿ ಚಿಕ್ಕದಾಗಿರುವಂತೆ ಕಾಣುವುದು, ಅಂದರೆ, vಯ ಮೌಲ್ಯ ಹೆಚ್ಚಾದಂತೆಲ್ಲಾ ಚಿಕ್ಕದಾಗುವುದೂ ಹೆಚ್ಚು. $v=c$ಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಕಾಯಗಳೂ—'ನಿಶ್ಚಲ' ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ—ಸಮತಲ ಚಿತ್ರಗಳಾಗಿ ಉಡುಗುತ್ತದೆ. ಬೆಳಕಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ವೇಗಗಳಿಗೆ ನಮ್ಮ ಚರ್ಚೆಗಳೆಲ್ಲಾ ಅರ್ಥಹೀನವಾಗುತ್ತವೆ; ಎಷ್ಟೇ ಆದರೂ, ಈ ಕೆಳ ಕಾಣುವುದರಲ್ಲಿ, ನಮ್ಮ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವು, ಭೌತಿಕವಾಗಿಯೂ, ಒಂದು ಅನಂತವಾಗಿಯೂ ಹೆಚ್ಚಿನವೇಗದ ಪಾತ್ರ ನಿರ್ವಹಿಸುವುದೆಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ.

---

*ಅಂದರೆ, ನಿಶ್ಚಲದಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ ಗೋಳೀಯ ರೂಪವನ್ನು ಪಡೆದಿರುವ ಒಂದು ಕಾಯ.

ಸಮಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ "ನಿಶ್ಚಲ" ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವ ಕಾಯಗಳಿಗೆ ಅದೇ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಅನ್ವಯಿಸುವುವೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿದೆ.

ಇನ್ನೂ ಮುಂದೆ, ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ವಿಶ್ರಾಂತವಾಗಿರುವಾಗ t ಕಾಲವನ್ನು, ಮತ್ತು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ವಿಶ್ರಾಂತವಾಗಿರುವಾಗ τ ಕಾಲವನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಸೂಕ್ತವಾದ ಗಡಿಯಾರಗಳಲ್ಲೊಂದು, k ಯ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾನಗೊಂಡಿರಬೇಕೆಂದು ಮತ್ತು ಆದರಿಂದ ಅದು τ ಕಾಲವನ್ನು ಗುರುತಿಸುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಿದೆಯೆಂದು ನಾವು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳೋಣ. ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ, ಈ ಗಡಿಯಾರದ (ಚಲನೆಯ) ದರವೇನು?

ಗಡಿಯಾರದ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಪರಾಮರ್ಶಿತವಾದ x, t ಮತ್ತು τ ಪರಿಮಾಣಗಳ ಮಧ್ಯೆ, ವಾಸ್ತವವಾಗಿಯೂ $x=vt$ ಮತ್ತು

$$\tau = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\left(t-\frac{vx}{c^2}\right)$$

ನಮ್ಮಲ್ಲಿವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ,

$$\tau = t\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = t-\left(1-\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\right)t$$

ಆದಕಾರಣ ಗಡಿಯಾರದಿಂದ ಗುರುತಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಾಲವು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ $(1-\sqrt{1-v^2/c^2})$ ಸೆಕೆಂಡಿನಷ್ಟು, (ನಿಶ್ಚಲವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ), ಅಥವಾ ನಾಲ್ಕನೆ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚಿನ ಘಾತದ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ನಿರ್ಲಕ್ಷಿಸಿದರೆ— $\frac{1}{2}v^2/c^2$ ಗಳಷ್ಟು, ನಿಧಾನವಾಗುವುದೆಂಬುದು ಇದರಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವುದು.

ಇದರಿಂದ ಈ ಕೆಳಕಂಡ ವಿಚಿತ್ರ ಪರಿಣಾಮ ಉದ್ಭವವಾಗುವುದು. K ಯ A ಮತ್ತು B ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ, ನಿಶ್ಚಲವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ಸಮಕಾಲಿಕವಾಗಿರುವ ನಿಶ್ಚಲಗಡಿಯಾರಗಳಿವೆ, ಮತ್ತು AB ರೇಖೆಗುಂಟ B ವರೆಗೆ v ವೇಗದಿಂದ A ಯಲ್ಲಿರುವ ಗಡಿಯಾರವನ್ನು ಚಲಿಸಿದರೆ, ಆಗ ಅದು B ತಲುಪಿದ ನಂತರ ಎರಡು ಗಡಿಯಾರಗಳು ಸಮಕಾಲಿಕವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ, ಆದರೆ A ಯಿಂದ B ಗೆ ಚಲಿಸಿದ ಗಡಿಯಾರವು B ಯಲ್ಲಿರುವ ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕಿಂತ $\frac{1}{2}t\frac{v^2}{c^2}$ ಗಳಷ್ಟು ಹಿಂದೆ ಬಿದ್ದಿರುವುದು, ಇಲ್ಲಿ t ಎಂಬುದು A ಯಿಂದ B ಗೆ ಪ್ರಯಾಣದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಕಾಲವಾಗಿದೆ.

ಗಡಿಯಾರವು A ಯಿಂದ B ಗೆ ಯಾವ ಬಹುಭುಜ ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಿದರೂ, ಮತ್ತು A ಮತ್ತು B ಬಿಂದುಗಳು ಐಕ್ಯವಾದಾಗಲೂ ಸಹ ಈ ಫಲಿತಾಂಶ ಇನ್ನೂ ಸತ್ಯವೆಂಬುದು ಕೂಡಲೆ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿರುವುದು.

ಒಂದು ಬಹು ಭುಜರೇಖೆಗೆ ಮೇಲೆ ಸಾಧಿಸಿದ ಫಲಿತಾಂಶವು ಸತತವಾಗಿ ವಕ್ರವಾಗಿರುವ ರೇಖೆಗೂ ಸಹ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದೆಂದು ನಾವು ಊಹಿಸಿದರೆ, ಈ ಫಲಿತಾಂಶಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತೇವೆ: A ಯಲ್ಲಿರುವ ಸಮಕಾಲಿಕ ಗಡಿಯಾರಗಳೆರಡರಲ್ಲಿ ಒಂದನ್ನು ಸಮವೇಗದಿಂದ ಒಂದು ಮುಚ್ಚಿದ (ಸಂವೃತ) ವಕ್ರರೇಖೆಯಲ್ಲಿ A ಗೆ ಅದು ಹಿಂತಿರುಗುವವರೆಗೆ, ಪ್ರಯಾಣ ಕಾಲ t ಸೆಕೆಂಡುಗಳಾಗುವಂತೆ, ಚಲಿಸಿದರೆ, ಆಗ ಚಲಿಸಿದ ಗಡಿಯಾರವು A ಗೆ ತಲುಪಿದಾಗ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿದ್ದ ಗಡಿಯಾರಕ್ಕಿಂತ $\frac{1}{2} t \frac{v^2}{c^2}$ ಸೆಕೆಂಡು ನಿಧಾನವಾಗಿರುವುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಭೂಮಧ್ಯರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಮತೋಲ ಗಡಿಯಾರವು* ಬೇರೆ ವಿಧಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ರೂಪದ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿರುವ ಧ್ರುವಗಳಲ್ಲೊಂದರಲ್ಲಿರುವ ನಿಖರವಾದ ಗಡಿಯಾರಕ್ಕಿಂತ, ಬಹು ಅಲ್ಪಪ್ರಮಾಣದಿಂದ, ಹೆಚ್ಚು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಚಲಿಸಲೇಬೇಕು.

5. ವೇಗಗಳ ಸಂಯೋಜನೆ :

K ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ X ಅಕ್ಷದ ಗುಂಟ v ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ k ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ, $\xi = w_\xi T, \eta = w_\eta \tau, \S = 0$ ಸಮೀಕರಣಗಳು ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಒಂದು ಬಿಂದು ಚಲಿಸುತ್ತಿರಲಿ, ಇಲ್ಲಿ w_ξ ಮತ್ತು w_η ನಿಯತಾಂಕಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುವುದು.

ಬೇಕಾಗಿರುವುದು ; K ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಬಿಂದುವಿನ ಚಲನೆ ಭಾಗ ಮೂರರಲ್ಲಿ ಬೆಳೆಸಿದ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಬಿಂದುವಿನ ಚಲನೆಯ ಸಮೀಕರಣಗಳೊಳಕ್ಕೆ $x\, y\, z\, t$ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ನಾವು ಅಳವಡಿಸಿದರೆ,

$$x = \frac{w_\xi + v}{1 + \frac{v w_\xi}{c^2}} t$$

$$y = \frac{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 + \frac{v w_\xi}{c^2}} w_\eta t$$

* ಭೌತಿಕವಾಗಿಯೂ ಪೃಥ್ವಿಗೆ ಸೇರಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆ, ಒಂದು ಲೋಲಕ ಗಡಿಯಾರವಲ್ಲ. ಈ ಸಂದರ್ಭವನ್ನು ಬಿಡಬೇಕು.

$$z = o$$

ನಾವು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಹೀಗೆ ನಮ್ಮ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ವೇಗಗಳ ಸಮಾನಾಂತರ ಚತುರ್ಭುಜ ನಿಯಮವು ಮೊದಲನೆ ಉಪಸಮತೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಸತ್ಯವಾಗಿದೆ.

$$v^2 = \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2$$

$$w^2 = w_\xi^2 + w_\eta^2$$

$$\alpha = tan^{-1} \frac{w_y}{w_x}$$

ಎಂದು ನಾವು ಜೋಡಿಸುವೆವು. α ಅನ್ನು v ಮತ್ತು w ವೇಗಗಳ ನಡುವಣ ಕೋನವೆಂದು ಕಾಣಬೇಕು. ಒಂದು ಸರಳ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದ ನಂತರ

$$V = \frac{\sqrt{(v^2 + w^2 + 2v\,w\,cos\alpha) - \left(\frac{vw\,sin\,\alpha}{c^2}\right)^2}}{1 + v\,w\,\frac{cos\,\alpha}{c^2}}$$

ನಾವು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. v ಮತ್ತು w ಗಳು ಫಲಿತವೇಗದ ಗಣಿತೋಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಸಮರೂಪವಾಗಿ ಸೇರುವುವು ಎಂಬುದು ಗಮನಾರ್ಹ ವಿಷಯವಾಗಿದೆ. w ಸಹ x—ಅಕ್ಷದ ನೇರದಲ್ಲಿದ್ದರೆ

$$V = \frac{v + w}{1 + \frac{vw}{c^2}}$$

ಎಂದು ನಾವು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

c ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಿರುವ ಎರಡು ವೇಗಗಳ ಸಂಯೋಜನೆಯಿಂದ c ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ವೇಗವೇ ಯಾವಾಗಲೂ ಫಲಿಸುವುದೆಂಬುದು ಈ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಫಲಿಸುವುದು. ಏಕೆಂದರೆ $v = c - k$, $w = c - \lambda$ ಎಂಬುದಾಗಿ ತೆಗೆದು ಕೊಂಡರೆ ಆಗ

$$V = c\,\frac{2c - k - \lambda}{2c - k - \lambda + \frac{k\lambda}{c}} < c$$

ಇಲ್ಲಿ k ಮತ್ತು λ ಗಳು ಧನಾತ್ಮಕವಾಗಿದ್ದು c ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ವೇಗದೊಡನೆ ಸಂಯೋಜಿಸಿದರೆ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ c ಅನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಈ ಸಂದರ್ಭಕ್ಕೆ

$$V = \frac{c + w}{1 + \frac{w}{c}} = c$$

ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

v ಮತ್ತು w ಗಳು ಒಂದೇ ನೇರದಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಭಾಗ ಮೂರಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಎರಡು ಪರಿವರ್ತನೆಗಳನ್ನು ಸಂಯೋಜಿಸುವುದರಿಂದ, Vಗೆ ಸೂತ್ರವನ್ನು ನಾವು ಪಡೆಯಲೂಬಹುದು. ಭಾಗ ಮೂರರಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರಿತಗೊಂಡಿರುವ K ಮತ್ತು k ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಜೊತೆಗೆ kಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ, ಅದರ ಪ್ರಾರಂಭ ಬಿಂದು w ವೇಗದಿಂದ x ಅಕ್ಷದ ಗುಂಟ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಇನ್ನೂ ಮತ್ತೊಂದು ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ನಾವು ಪರಿಚಯಿಸಿದರೆ, $x\ y\ z\ t$ ಮತ್ತು k^1ನ ಅನುರೂಪ ಪರಿಮಾಣಗಳ ನಡುವಣ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ನಾವು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. ಇವು ಭಾಗ ಮೂರರಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಹಿಡಿದ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುವು ಮತ್ತು v ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ $\dfrac{v+w}{1+\dfrac{vw}{c^2}}$ ಪರಿಮಾಣತೆಗೆದು ಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. ಇದರಿಂದ ಅಂತಹ ಸಮಾನಾಂತರ ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು—ಅವಶ್ಯವಾಗಿ—ಒಂದು ಗುಂಪಾಗುವುವೆಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ.

ನಮ್ಮ ಎರಡು ತತ್ವಗಳಿಗೆ ಅನುರೂಪವಾದ ಗತಿ ವಿಜ್ಞಾನ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅವಶ್ಯ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಈಗ ನಾವು ಅನುಮಿತಿಗೊಳಿಸಿದ್ದೇವೆ, ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಅನ್ವಯವನ್ನು ತೋರಿಸಲು ನಾವು ಮುಂದೆ ಹೋಗುತ್ತೇವೆ.

II. ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ವಿಜ್ಞಾನ

6. ಶೂನ್ಯ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್—ಹರ್ಟ್ಜ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಪರಿವರ್ತನೆ. ಚಲನೆಯು ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ಚಾಲಕ ಬಲದ ಸ್ವರೂಪದ ಮೇಲೆ.

$$\frac{1}{c}\frac{\partial x}{\partial t} = \frac{\partial N}{\partial z} - \frac{\partial M}{\partial z}, \quad \frac{1}{c}\frac{\partial L}{\partial t} = \frac{\partial y}{\partial z} - \frac{\partial z}{\partial y}$$

$$\frac{1}{c}\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{\partial L}{\partial z} - \frac{\partial N}{\partial x}, \quad \frac{1}{c}\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial z}{\partial x} - \frac{\partial x}{\partial z}$$

$$\frac{1}{c}\frac{\partial Z}{\partial t} = \frac{\partial M}{\partial x} - \frac{\partial L}{\partial y}, \quad \frac{1}{c}\frac{\partial N}{\partial t} = \frac{\partial x}{\partial y} - \frac{\partial y}{\partial x}$$

ನಮ್ಮಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಶೂನ್ಯ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್—ಹರ್ಟ್ಜ ಸಮೀಕರಣಗಳು K ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸರಿಹೊಂದಲ್ಲಿ; ಇಲ್ಲಿ (X, Y, Z) ಗಳು ವಿದ್ಯುದೀಯ ಬಲ ಸದಿಶವನ್ನು ಮತ್ತು (L, M, N) ಕಾಂತೀಯ ಬಲವನ್ನೂ ಸೂಚಿಸುವುವು.

ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಗೆ ಭಾಗ ಮೂರರಲ್ಲಿ ಬೆಳೆಸಿದ ಪರಿವರ್ತನೆಯನ್ನು v ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ, ಅಲ್ಲಿ ಪರಿಚಯ ಗೊಳಿಸಿರುವ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಪರಾಮರ್ಶಿಸುತ್ತಾ, ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ,

$$\frac{1}{c}\frac{\partial X}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial \eta}\left\{\beta\left(N - \frac{v}{c}Y\right)\right\} - \frac{\partial}{\partial \zeta}\left\{\beta\left(M + \frac{v}{c}Z\right)\right\},$$

$$\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial \tau}\left\{\beta\left(Y - \frac{v}{c}N\right)\right\} = \frac{\partial L}{\partial \xi} - \frac{\partial}{\partial \zeta}\left\{\beta\left(N - \frac{v}{c}\right)Y\right\}.$$

$$\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial \tau}\left\{\beta\left(Z + \frac{v}{c}M\right)\right\} = \frac{\partial}{\partial \xi}\left\{\beta\left(M + \frac{v}{c}Z\right)\right\} - \frac{\partial L}{\partial \eta},$$

$$\frac{1}{c}\frac{\partial L}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial \zeta}\left\{\beta\left(Y - \frac{v}{c}N\right)\right\} - \frac{\partial}{\partial \eta}\left\{\beta\left(Z + \frac{v}{c}M\right)\right\},$$

$$\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial \tau}\left\{\beta\left(M + \frac{v}{c}Z\right)\right\} = \frac{\partial}{\partial \xi}\left\{\beta\left(Z + \frac{v}{c}M\right)\right\} - \frac{\partial X}{\partial \zeta},$$

$$\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial \tau}\left\{\beta\left(N - \frac{v}{c}Y\right)\right\} = \frac{\partial X}{\partial \eta} - \frac{\partial}{\partial \xi}\left\{\beta\left(Y - \frac{v}{c}N\right)\right\},$$

$$\beta = 1/\sqrt{(1 - v^2/c^2)}.$$

ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ನಾವು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ

ಈಗ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್–ಹರ್ಟ್ಜ ಸಮೀಕರಣಗಳು K ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಸರಿಯಾಗಿದ್ದರೆ ಅವು k ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲೂ ಸಹ ಸರಿಹೊಂದಬೇಕೆಂದು ಸಾಪೇಕ್ಷತಾತತ್ವ ಆವಶ್ಯವಾಗಿ ತಿಳಿಸುವುದು; ಹಾಗೆಂದರೆ k ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಕ್ರಮವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಥವಾ ಕಾಂತೀಯ ಜಡಾಂಶಗಳ ಮೇಲೆ ಅವುಗಳ Ponderomotive ಪರಿಣಾಮಗಳಿಂದ ನಿರೂಪಿಸಿರುವ ವಿದ್ಯುದೀಯ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಬಲದ ಸದಿಶಗಳು— $(X^1\ Y^1\ Z^1)$ ಮತ್ತು $(L^1\ M^1\ N^1)$—ಈ ಕೆಳಕಂಡ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ತೃಪ್ತಿಗೊಳಿಸುವುವು :–

$$\frac{1}{c}\frac{\partial X'}{\partial \tau} = \frac{\partial N'}{\partial \eta} - \frac{\partial M'}{\partial \zeta}, \quad \frac{1}{c}\frac{\partial L'}{\partial \tau} = \frac{\partial Y'}{\partial \zeta} - \frac{\partial Z'}{\partial \eta},$$

$$\frac{1}{c}\frac{\partial Y'}{\partial \tau} = \frac{\partial L'}{\partial \zeta} - \frac{\partial N'}{\partial \xi}, \quad \frac{1}{c}\frac{\partial M'}{\partial \tau} = \frac{\partial Z'}{\partial \xi} - \frac{\partial X'}{\partial \zeta},$$

$$\frac{1}{c}\frac{\partial Z'}{\partial \tau} = \frac{\partial M'}{\partial \xi} - \frac{\partial L'}{\partial \eta}, \quad \frac{1}{c}\frac{\partial N'}{\partial \tau} = \frac{\partial X'}{\partial \eta} - \frac{\partial Y'}{\partial \xi}.$$

ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೂ k ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಎರಡು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು ಒಂದೇ ವಿಷಯವನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿಯೂ ತಿಳಿಸಲೇಬೇಕು, ಏಕೆಂದರೆ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಎರಡೂ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು K ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್–ಹರ್ಟ್ಜ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಗೆ ಸಮನಾಗಿವೆ. ಇನ್ನೂ ಮುಂದೆ, ಎರಡು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಸಮೀಕರಣಗಳು, ಸದಿಶಗಳಿಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಸಂಕೇತಗಳ ಹೊರತು, ಒಪ್ಪಿಗೆಯಾಗುವುದರಿಂದ, ಅನುಕ್ರಮವಾದ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ಸಮೀಕರಣಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿ, $\psi(v)$ ಗುಣಕ ಹೊರತು, ಉಪಯೋಗವಾಗುವ ಉತ್ಪನ್ನಗಳು ಒಪ್ಪಿಗೆಯಾಗಲೇಬೇಕು. $\psi(v)$ಯು ಸಮೀಕರಣಗಳ ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಎಲ್ಲಾ ಉತ್ಪನ್ನಗಳಿಗೂ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ξ, η, ζ ಮತ್ತು τ ಗಳಿಂದ ಮುಕ್ತವಾಗಿ ಆದರೆ v ಮೇಲೆ ಮಾತ್ರ ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಹೀಗೆ,

$$X' = \psi(v)X, \qquad L' = \psi(v)L,$$

$$Y' = \psi(v)\beta\left(Y - \frac{v}{c}N\right), \quad M' = \psi(v)\beta\left(M + \frac{v}{c}Z\right),$$

$$Z' = \psi(v)\beta\left(Z + \frac{v}{c}M\right), \quad N' = \psi(v)\beta\left(N - \frac{v}{c}Y\right).$$

ಸಂಬಂಧಗಳನ್ನು ನಾವು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಸಮೀಕರಣಗಳ ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ (Reciprocal) ವ್ಯುತ್ಕ್ರಮವನ್ನು ನಾವು ಈಗ ರಚಿಸಿದರೆ, ಮೊದಲಿಗೆ ಈಗತಾನೆ ಪಡೆದ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಬಿಡಿಸುತ್ತಾ ಮತ್ತು ಎರಡನೆಯದಾಗಿ, $-v$ ವೇಗದಿಂದ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯಗೊಂಡ, ವಿಲೋಮ ಪರಿವರ್ತನೆಗೆ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸುವುದರಿಂದ, ಹೀಗೆ ಪಡೆದ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಎರಡು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು ಏಕರೂಪದಲ್ಲಿರಲೇಬೇಕೆಂದು ನಾವು ಪರಿಗಣಿಸಿದಾಗ $\psi(v)\,\psi(-v) = 1$ ಎಂಬುದು ಅನುಚಿತಗೊಳ್ಳುವುದು ಮತ್ತೂ ಮುಂದೆ, ಸಮ

ರೂಪತೆಯ* ಕಾರಣಗಳಿಂದ $\psi(v)=\psi(-v)$, ಆದ್ದರಿಂದ $\psi(v)=1$ ಮತ್ತು ನಮ್ಮ ಸಮೀಕರಣಗಳು

$$X' = X, \qquad L' = L,$$

$$Y' = \beta\left(Y - \frac{v}{c}N\right), \; M' = \beta\left(M + \frac{v}{c}Z\right),$$

$$Z' = \beta\left(Z + \frac{v}{c}M\right), \; N' = \beta\left(N - \frac{v}{c}Y\right).$$

ರೂಪವನ್ನು ಪಡೆಯುವುವು. ಸಮೀಕರಣಗಳ ಅರ್ಥವಿವರಣೆಗೆ ಈ ಕೆಳಕಂಡ ಅಭಿಪ್ರಾಯ ನೀಡುತ್ತೇವೆ: K ನಿಶ್ಚಲವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅಳತೆಮಾಡಿದಾಗ ಒಂದು ಬಿಂದು ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಪ್ರಮಾಣ "ಒಂದು" ಆಗಿರಲಿ, ಅಂದರೆ, ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಒಂದು ಸೆ.ಮಿ. ದೂರದಲ್ಲಿ ಸಮವಿದ್ಯುದಂಶ ಪ್ರಮಾಣದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಡೈನ್ ಬಲವನ್ನು ಅದು ಆರೋಪಿಸಲಿ. ಸಾಪೇಕ್ಷ ತತ್ವದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅಳತೆಮಾಡಿದಾಗಲೂ ಸಹ ಈ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಪ್ರಮಾಣ "ಒಂದು" ಆಗಿದೆ. ನಿಶ್ಚಲವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಈ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಪರಿಮಾಣವು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿದ್ದರೆ, ಆಗ ನಿರೂಪಣೆಯಿಂದ (X, Y, Z) ಸದಿಶವು ಅದರ ಮೇಲೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತಿರುವ ಬಲಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿದೆ. ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಪರಿಮಾಣವು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿದ್ದರೆ (ಕೊನೆಯಪಕ್ಷ ಸೂಕ್ತ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ) ಆಗ, ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅಳತೆಮಾಡಿದ, ಅದರ ಮೇಲೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತಿರುವ ಬಲವು $(X'\ Y'\ Z')$ ಸದಿಶಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿದೆ. ತತ್ಫಲವಾಗಿ ಮೇಲಿನ ಮೊದಲ ಮೂರು ಸಮೀಕರಣಗಳು ಈ ಕೆಳಕಂಡ ಎರಡು ರೀತಿಗಳಲ್ಲಿ ಪದಗಳಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಲ್ಪಡುವುವು:—

1. ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಏಕಕ ಬಿಂದು—ವಿದ್ಯುದಂಶ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಮೇಲೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲದ ಜತೆಗೆ, ಎರಡು ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚಿನ (v/c) ಘಾತಗಳಿಂದ ಗುಣಿಸಿದ ಪದಗಳನ್ನು ನಾವು ನಿರ್ಲಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ವಿದ್ಯುದಂಶದ ವೇಗ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಬಲಗಳ ಸದಿಶ ಗುಣಲಬ್ಧವನ್ನು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದಿಂದ ಭಾಗಿಸಿದರೆ ಬರುವುದಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುವ (ಹಳೆಯ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಹೇಳುವಂತೆ) ಒಂದು 'ವಿದ್ಯುತ್‌ಚ್ಛಾಲಕಬಲ'ವೂ ವರ್ತಿಸುವುದು.

---

* ಉದಾಹರಣೆಗೆ $X=Y=Z=L=M=0$ ಮತ್ತು $N\neq 0$ ಆದರೆ, ಆಗ ಸಮರೂಪತೆಯ ಕಾರಣಗಳಿಂದ ಅದರ ಸಾಂಖಿಕ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸದೆ v ಯು ತನ್ನ ಚಿಹ್ನೆಯನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿದಾಗ, Y' ಕೂಡ ತನ್ನ ಸಾಂಖಿಕ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸದೆ ಚಿಹ್ನೆ ಬದಲಾಗಬೇಕೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿದೆ.

2. ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಏಕಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಿಂದು–ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಚಲನೆಯಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಮೇಲೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತಿರುವ ಬಲವು ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರುವ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದಂಶಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ಒಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪರಿವರ್ತನೆಯಿಂದ ನಾವು ನಿರ್ಧರಿಸುವ, ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲಕ್ಕೆ (ಹೊಸ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಹೇಳುವಂತೆ) ಅದು ಸಮನಾಗಿರುವುದು.

ಆ ಸಾದೃಶವು 'ಕಾಂತಚ್ಚಾಲಕ ಬಲ'ಗಳೊಡನೆ ಸರಿಹೊಂದುವುದು. ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಚಲನೆಯ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಬಲಗಳಿರುವುದಿಲ್ಲವೆಂಬುದರ ಸಂದರ್ಭಕ್ಕೆ ತನ್ನ ಸೂಚನೆಯನ್ನು ಬದ್ಧಗೊಳಿಸಿರುವ, ಒಂದು (auxiliary) .... ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯ ಭಾಗವೆಂದು, ಬೆಳೆಸಿದ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಪಾತ್ರವಹಿಸುವುದೆಂದು, ನಾವು ವಿದ್ಯುತ್‌ಚ್ಚಾಲಕ ಬಲವನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಇನ್ನೂ ಮುಂದೆ ಒಂದು ಕಾಂತ ಮತ್ತು ಒಂದು ವಾಹಕದ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಚಲನೆಯಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಗೊಂಡ ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನು ನಾವು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ, ಮುನ್ನುಡಿಯಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ, ಅಸಮತೆಯು ಈಗ ಅದೃಶ್ಯವಾಗುವುದೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿದೆ. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ವಿಜ್ಞಾನೀಯ ವಿದ್ಯುತ್‌ಚ್ಚಾಲಕ ಬಲಗಳ 'ಆಸನ'ಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳು ಈಗ ಅರ್ಥವಿಹೀನವಾಗಿರುವುವು.

7. ಡಾಪ್ಲರನ ತತ್ವ ಮತ್ತು Aberration ಸಿದ್ಧಾಂತ

K ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ, ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಬಹುದೂರ, ವಿದ್ಯುದ್ಬಲೀಯ ಅಲೆಗಳ ಒಂದು ಆಕರವಿರಲಿ. ಇದನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ಕೇಂದ್ರವನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಆಕಾಶದ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸಾಕಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣದ ಉಪಸಮತೆಗೆ

$$\begin{aligned} X &= X_0 \sin \Phi, & L &= L_0 \sin \Phi, \\ Y &= Y_0 \sin \Phi, & M &= M_0 \sin \Phi, \\ Z &= Z_0 \sin \Phi, & N &= N_0 \sin \Phi, \end{aligned}$$

$$\Phi = \omega\left\{t - \frac{1}{c}(lx + my + nz)\right\}.$$

ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿನಿಧಿಸಬಹುದು, ಇಲ್ಲಿ $(X_0 Y_0 Z_0)$ ಹಾಗೂ $(L_0 M_0 N_0)$ ಅಲೆ–ಗುಂಪಿನ ವಿಸ್ತಾರ ನಿರೂಪಿಸುವ ಸದಿಶಗಳಾಗಿವೆ ಮತ್ತು l, m, nಗಳು ಅಲೆ–ಲಂಬಗಳ ನೇರ–ಕೋಸೈನ್‌ಗಳು. ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ k ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವ ಓರ್ವವೀಕ್ಷಕನಿಂದ ಅವು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲ್ಪಟ್ಟಾಗ, ಈ ಅಲೆಗಳ ಸಂವಿಧಾನವನ್ನು ನಾವು ತಿಳಿಯಲಿಚ್ಛಿಸುತ್ತೇವೆ.

ವಿದ್ಯುದೀಯ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಬಲಗಳಿಗೆ ಭಾಗ ಆರರಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದ, ಮತ್ತು ಕಾಲ ಹಾಗೂ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳಿಗೆ ಭಾಗ ಮೂರರಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದಂತಹ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾ ನಾವು ನೇರವಾಗಿ

$$= X_0 \sin \Phi', \qquad L' = L_0 \sin \Phi',$$

$$= \beta(Y_0 - vN_0/c) \sin \Phi', \quad M' = \beta(M_0 + vZ_0/c) \sin \Phi',$$

$$= \beta(Z_0 + vM_0/c) \sin \Phi', \quad N' = \beta(N_0 - vY_0/c) \sin \Phi',$$

$$\Phi' = \omega'\left\{\tau - \frac{1}{c}(l'\xi + m'\eta + n'\zeta)\right\}$$

ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. ಇಲ್ಲಿ

$$\omega' = \omega\beta(1 - lv/c),$$

$$l' = \frac{l - v/c}{1 - lv/c},$$

$$m' = \frac{m}{\beta(1 - lv/c)},$$

$$n' = \frac{n}{\beta(1 - lv/c)}.$$

ω'ನ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ, ಒಬ್ಬ ವೀಕ್ಷಕನು ಅನಂತ ದೂರದಲ್ಲಿನ ν ಕಂಪನಾಂಕದ ಬೆಳಕಿನ ಆಕರಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ν ವೇಗದಿಂದ, 'ಆಕರ–ವೀಕ್ಷಕ' ಸೇರಿಸುವ ರೇಖೆಯು ಬೆಳಕಿನ ಆಕರಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಹೋಲಿಸಿದ ವೀಕ್ಷಕನ ವೇಗದೊಡನೆ ϕ ಕೋನವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ, ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ, ವೀಕ್ಷಕನಿಂದ ಗಮನಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಬೆಳಕಿನ ಕಂಪನಾಂಕ ν'

$$\nu' = \nu \frac{1 - \cos\phi\, v/c}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಕೊಡಲ್ಪಡುವುದು. ವೇಗಗಳೇನೇ ಆಗಲಿ ಇದೇ ಡಾಪ್ಲರನ ತತ್ವ. $\phi = 0$ ಆದಾಗ ಸಮೀಕರಣವು ಚುರುಕು ದೃಷ್ಟಿಯ ರೂಪವಾದ

$$\nu' = \nu \sqrt{\frac{1 + v/c}{1 + v/c}}$$

ಪಡೆಯುತ್ತದೆ. ಸಾಂಪ್ರದಾಯಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಭಿನ್ನವಾಗಿ, $v = -c$ ಆದಾಗ $v' = \infty$ ಆಗುವುದನ್ನು ನಾವು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ.

ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅಲೆ–ಲಂಬ (ಕಿರಣದ ನೇರ) ಮತ್ತು 'ಆಕರ–ವೀಕ್ಷಕ'ರನ್ನು ಸೇರಿಸುವ ರೇಖೆಯ ಮಧ್ಯದ ಕೋನವನ್ನು ϕ' ಎಂದು ಕರೆದರೆ, ಅದರ ಸಮೀಕರಣವು

$$\cos \phi' = \frac{\cos \phi - v/c}{1 - \cos \phi \, v/c}$$

ರೂಪತಾಳುತ್ತದೆ. ಈ ಸಮೀಕರಣವು Aberration ನಿಯಮವನ್ನು ಅದರ ಅತ್ಯಂತ ಸಾಮಾನ್ಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸುವುದು. $\phi = \pi/2$ ಆದರೆ, ಸಮೀಕರಣವು ಸುಮ್ಮನೆ,

$$\cos \phi' = - v/c$$

ಆಗುತ್ತದೆ.

ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅದು ಕಾಣುವ ರೀತಿ, ಅಲೆಗಳ ವೈಶಾಲ್ಯವನ್ನು ನಾವು ಇನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕಾಗಿದೆ. ವಿದ್ಯುದೀಯ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಬಲದ ವೈಶಾಲ್ಯಗಳನ್ನು ಕ್ರಮವಾಗಿ A ಅಥವಾ A' ಎಂದು ನಾವು ಕರೆದರೆ, ನಿಶ್ಚಲವ್ಯವಸ್ಥೆ ಅಥವಾ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಅಳತೆ ಮಾಡಿದಂತೆ

$$A'^2 = A^2 \frac{(1 - \cos \phi \, v/c)}{1 - v^2/c^2}$$

ನಾವು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. ಈ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ $\phi = 0$ ಆದರೆ ಅದು

$$A'^2 = A^2 \frac{1 - v/c}{1 + v/c}$$

ಸರಳರೂಪ ಹೊಂದುವುದು.

ಬೆಳಕಿನ ಆಕರವನ್ನು c ವೇಗದಿಂದ ಸಮೀಪಿಸುತ್ತಿರುವ ಓರ್ವ ವೀಕ್ಷಕನಿಗೆ ಬೆಳಕಿನ ಈ ಆಕರವು ಅನಂತ ಪ್ರಖರತೆಯಲ್ಲಿ ಕಾಣಬೇಕೆಂಬುದು ಈ ಫಲಿತಾಂಶಗಳಿಂದ ತಿಳಿಯುವುದು.

8. ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳ ಶಕ್ತಿಯ ಪರಿವರ್ತನೆ ಶುದ್ಧ ಪ್ರತಿಫಲಕಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದ ರಶ್ಮಿ ಒತ್ತಡದ ಸಿದ್ಧಾಂತ

$\frac{A^2}{8\pi}$ ಯು ಏಕಕ ಗಾತ್ರದ ಬೆಳಕಿನ ಶಕ್ತಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಸಾಪೇಕ್ಷತ್ವದ ತತ್ವದಿಂದ, $\frac{A'^2}{8\pi}$ ಯನ್ನು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಶಕ್ತಿಯೆಂದು

ನಾವು ಪರಿಗಣಿಸಬೇಕು. ಹೀಗಾಗಿ K ಯಲ್ಲಾಗಲಿ k ಯಲ್ಲಾಗಲಿ ಅಳತೆಮಾಡಿದಾಗ, ಬೆಳಕು ಸಂಕೀರ್ಣದ ಗಾತ್ರ ಒಂದೇ ಇದ್ದರೆ, A'^2/A^2 ಯು ದತ್ತಬೆಳಕು ಸಂಕೀರ್ಣದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು " ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ ಅಳತೆಮಾಡಿದುದು " ಮತ್ತು " ನಿಶ್ಚಲದಲ್ಲಿ ಅಳತೆಮಾಡಿದುದು " ಇವುಗಳ ಪ್ರಮಾಣವಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ಇದು ವಾಸ್ತವವಲ್ಲ. l, m, nಗಳು ನಿಶ್ಚಲವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆ–ಲಂಬಗಳ ನೇರ–ಕೋಸೈನ್‌ಗಳಾದರೆ, ಬೇಳಕಿನ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಗೋಳೀಯ ಮೇಲ್ಮೈನ ಮೇಲ್ಮೈ ತುಣುಕುಗಳ ಮೂಲಕ ಯಾವ ಶಕ್ತಿಯು ಪ್ರವಹಿಸುವುದಿಲ್ಲ :

$$(x - lct)^2 + (y - mct)^2 + (z - nct)^2 = R^2$$

ಈ ಮೇಲ್ಮೈಯು ಅವೇ ಬೆಳಕು ಸಂಕೀರ್ಣವನ್ನು ಖಾಯಂ ಆಗಿ ಆವರಿಸುವುದೆಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಆದ್ದರಿಂದ ತಿಳಿಸಬಹುದು. k ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಿದಂತೆ, ಈ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಆವರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಶಕ್ತಿಯ ಪರಿಮಾಣದ ವಿಷಯ, ಅಂದರೆ, k ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಬೆಳಕು ಸಂಕೀರ್ಣದ ಶಕ್ತಿಯ ವಿಷಯುವನ್ನು, ನಾವು ಶೋಧಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಗೋಳೀಯ ಮೇಲ್ಮೈಯು–ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ–ಒಂದು ಅಂಡಾಕಾರ ಮೇಲ್ಮೈ ಆಗಿರುವುದು, $\tau = 0$ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಆದರ ಸಮೀಕರಣವು

$\tau = 0$, is

$$(\beta\xi - l\beta\xi v/c)^2 + (\eta - m\beta\xi v/c)^2 + (\zeta - n\beta\xi v/c)^2 = R^2.$$

ಆಗಿರುವುದು. ಗೋಳದ ಗಾತ್ರ S ಆಗಿದ್ದರೆ, ಮತ್ತು ಈ ಅಂಡಾಕಾರದ್ದು S' ಆಗಿದ್ದರೆ, ಆಗ ಒಂದು ಸರಳ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದಿಂದ

$$\frac{S'}{S} = \frac{\sqrt{1 - v^2/c^2}}{1 - \cos\phi \frac{v}{c}}$$

ಹೀಗೆ, ನಿಶ್ಚಲವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಆದನ್ನು ಅಳೆದಾಗ ಈ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಆವರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಬೆಳಕಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನಾವು E ಎಂದು ಕರೆದರೆ ಮತ್ತು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅಳೆದಾಗ E' ಆದರೆ,

$$\frac{E^1}{E} = \frac{A'^2 S}{A^2 S} = \frac{1 - \cos\phi \, v/c}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

ಎಂದು ನಾವು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. $\phi = 0$ ಆದಾಗ ಸೂತ್ರವು

$$\frac{E'}{E} = \sqrt{\frac{1 - v^2/c^2}{1 + v^2/c^2}} \text{ಗೆ}$$

ಸರಳಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ಬೆಳಕು ಸಂಕೀರ್ಣದ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಕಂಪನಾಂಕವು ಅದೇ ನಿಯಮಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ವೀಕ್ಷಕನ ಚಲನೆಯ ಸ್ಥಿತಿಯೊಡನೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳ್ಳುವುದು ಗಮನಾರ್ಹವಾಗಿದೆ.

ಈಗ $\xi = 0$ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕತಲವು ಭಾಗ ಏಳರಲ್ಲಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದ ಸಮತಲ ಅಲೆಗಳು ಎಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲಿತಗೊಳ್ಳುವುವೋ ಆ ನಿಖರವಾದ ಪ್ರತಿಫಲನ ಮೇಲ್ಮೈ ಆಗಿರಲಿ. ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲಣ ಬೆಳಕಿನ ಒತ್ತಡ, ಹಾಗೂ ನೇರ, ಕಂಪನಾಂಕ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಫಲನಗೊಂಡನಂತರ ಬೆಳಕಿನ ತೀವ್ರತೆಗಳನ್ನು ನಾವು ಹುಡುಕುತ್ತೇವೆ.

ಪತನ ಬೆಳಕು A, $\cos\phi$, ν (K ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಂತೆ) ಪರಿಮಾಣಗಳಿಂದ ನಿರೂಪಿತಗೊಳ್ಳಲಿ. k ಯಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ ಅನುರೂಪ ಪರಿಣಾಮಗಳು

$$A' = A\,\frac{1 - \cos\phi\; v^2/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad \cos\phi' = \frac{\cos\phi - v^2/c^2}{1 - \cos\phi\; v/c}.$$

$$\nu' = \nu\,\frac{1 - \cos\phi\; v/c}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

ಆಗಿವೆ. ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಬೆಳಕಿಗೆ, ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು k ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಪರಾಮರ್ಶಿಸುತ್ತಾ

$$A'' = A'$$
$$\cos\phi'' = -\cos\phi'$$
$$\nu'' = \nu'$$

ಎಂದು ನಾವು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. ಅಂತಿಮವಾಗಿಯೂ, ನಿಶ್ಚಲವ್ಯವಸ್ಥೆ Kಗೆ ಹಿಂತಿರುಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುತ್ತಾ, ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಬೆಳಕಿಗೆ

$$A''' = A''\frac{1 + \cos\phi''\,.\,v/c}{\sqrt{(1 - v^2/c^2)}} = A\frac{1 - 2\cos\phi\,.\,v/c + v^2/c^2}{1 - v^2/c^2}$$

$$\cos\phi''' = \frac{\cos\phi'' + v/c}{1 + \cos\phi''\,.\,v/c} = -\frac{(1 + v^2/c^2)\cos\phi - 2v/c}{1 - 2\cos\phi\,.\,v/c + v^2/c^2}$$

$$\nu''' = \nu''\frac{1 + \cos\phi'' v/c}{\sqrt{(1 - v^2/c^2)}} = \nu\frac{1 - 2\cos\phi\,.\,v/c + v^2/c^2}{1 - v^2/c^2}.$$

ನಾವು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಕನ್ನಡಿಯ ಏಕಕಸಲೆಯ ಮೇಲೆ ಪತನಗೊಂಡ ಶಕ್ತಿಯು (ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅಳತೆಮಾಡಿದ) ವಾಸ್ತವವಾಗಿಯೂ $A^2\,\dfrac{(\cos\phi - v)}{8\pi}$ ಆಗಿದೆ. ಏಕಕ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಕನ್ನಡಿಯ ಏಕಕ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಬಿಡುತ್ತಿರುವ ಶಕ್ತಿಯು $A'''^2(-c\cos\phi''' + v)/8\pi$ ಆಗಿದೆ. ಈ ಎರಡು ಗಣಿತೋಕ್ತಿಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು, ಶಕ್ತಿಯ ತತ್ವದಿಂದ, ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಒತ್ತಡದಿಂದಾದ ಕೆಲಸವಾಗಿದೆ. ಈ ಕೆಲಸವನ್ನು P_v ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರಿಸಿದರೆ,

$$P = \frac{2A^2}{8\pi}\,\frac{(\cos\phi - v/c)^2}{1 - v^2/c^2}$$

ಎಂದು ನಾವು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ, ಇಲ್ಲಿ P ಯು ಬೆಳಕಿನ ಒತ್ತಡವಾಗಿದೆ. ಇತರ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳೊಡನೆ ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗದೊಡನೆ ಒಪ್ಪಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಾ, ಒಂದು ಮೊದಲಿನ ಉಪಸಮತೆಗೆ

$$P = 2\,\frac{A^2}{8\pi}\cos^2\phi$$

ನಾವು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯಗಳ ದ್ಯುತಿ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿನ ಎಲ್ಲಾ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಅನುಸರಿಸಿರುವ ವಿಧಾನದಿಂದ ಬಿಡಿಸಬಹುದು. ಇದೇನೆಂದರೆ, ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯದಿಂದ ಪ್ರಭಾವಿತ ಗೊಂಡಿರುವ ಬೆಳಕಿನ ವಿದ್ಯುದೀಯ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಬಲವನ್ನು ಕಾಯಕ್ಕೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ನಿಶ್ಚಲವಾದ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯೊಳಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದೇ ಆಗಿದೆ. ಇದರ ಸಹಾಯದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯಗಳ ದ್ಯುತಿ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿನ ಎಲ್ಲಾ ಸಮಸ್ಯೆಗಳೂ ನಿಶ್ಚಲಕಾಯಗಳ ದ್ಯುತಿ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿನ ಸಮಸ್ಯೆಗಳ ಒಂದು ಶ್ರೇಣಿಗೆ ಅಂತಿಮಗೊಳ್ಳುವುವು.

§9 Convection—ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನು ಲೆಕ್ಕಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡಾಗ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಹರ್ಟ್ಜ್ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಪರಿವರ್ತನೆ

$$\frac{1}{c}\left\{\frac{\partial X}{\partial t} + u_x\rho\right\} = \frac{\partial N}{\partial y} - \frac{\partial M}{\partial z}, \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial L}{\partial t} = \frac{\partial Y}{\partial z} - \frac{\partial Z}{\partial y},$$

$$\frac{1}{c}\left\{\frac{\partial Y}{\partial t} + u_y\rho\right\} = \frac{\partial L}{\partial z} - \frac{\partial N}{\partial x}, \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial Z}{\partial x} - \frac{\partial X}{\partial z},$$

$$\frac{1}{c}\left\{\frac{\partial Z}{\partial t} + u_z\rho\right\} = \frac{\partial M}{\partial x} - \frac{\partial L}{\partial y}, \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial N}{\partial t} = \frac{\partial X}{\partial y} - \frac{\partial Y}{\partial x},$$

ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ಪ್ರಾರಂಭಿಸುತ್ತೇವೆ; ಇಲ್ಲಿ $\rho = \frac{\partial x}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial y} + \frac{\partial z}{\partial z}$ ಎಂಬುದು ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಸಾಂದ್ರತೆಯ 4π ಯಷ್ಟನ್ನೂ, ಮತ್ತು (U_x, U_y, U_z) ವಿದ್ಯುದಂಶದ ವೇಗ–ಸದಿಶವನ್ನೂ ಸೂಚಿಸುವುವು. ವಿದ್ಯುದಂಶಗಳು ಏಕ ಪ್ರಕಾರವಾಗಿ ಸಣ್ಣ ದೃಢಕಾಯಗಳಿಗೆ (ಅಯಾನುಗಳು–ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು) ಜೋಡಿಸಿವೆಯೆಂದು ನಾವು ಊಹಿಸಿಕೊಂಡರೆ, ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳು ಲೊರೆನ್ಟ್ಜ಼ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯಗಳ ದ್ಯುತಿ ವಿಜ್ಞಾನದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಅಡಿಪಾಯಗಳಾಗಿವೆ.

ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳು K ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅರ್ಥವತ್ತಾಗಿರಲಿ, ಭಾಗ 3 ಮತ್ತು 6 ರಲ್ಲಿ ನೀಡಿರುವ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು k ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ, ಆಗ ನಾವು

$$\frac{1}{c}\left\{\frac{\partial X'}{\partial \tau} + u_\xi \rho'\right\} = \frac{\partial N'}{\partial \eta} - \frac{\partial M'}{\partial \zeta},\quad \frac{1}{c}\frac{\partial L'}{\partial \tau} = \frac{\partial Y'}{\partial \zeta} - \frac{\partial Z'}{\partial \eta},$$
$$\frac{1}{c}\left\{\frac{\partial Y'}{\partial \tau} + u_\eta \rho'\right\} = \frac{\partial L'}{\partial \zeta} - \frac{\partial N'}{\partial \xi},\quad \frac{1}{c}\frac{\partial M'}{\partial \tau} = \frac{\partial Z'}{\partial \xi} - \frac{\partial X'}{\partial \zeta},$$
$$\frac{1}{c}\left\{\frac{\partial Z'}{\partial \tau} + u_\zeta \rho'\right\} = \frac{\partial M'}{\partial \xi} - \frac{\partial L'}{\partial \eta},\quad \frac{1}{c}\frac{\partial N'}{\partial \tau} = \frac{\partial X'}{\partial \eta} - \frac{\partial Y'}{\partial \xi},$$

ಸಮೀಕರಣ ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ, ಇಲ್ಲಿ

$$u_\xi = \frac{u_x - v}{1 - u_x v/c^2}$$
$$u_\eta = \frac{u_y}{\beta(1 - u_x v/c^2)}$$
$$u_\zeta = \frac{u_z}{\beta(1 - u_x v/c^2)},$$

$$\text{ಮತ್ತು } \rho' = \frac{\partial X'}{\partial \xi} + \frac{\partial Y'}{\partial \eta} + \frac{\partial Z'}{\partial \zeta}$$
$$= \beta(1 - u_x v/c^2)\rho.$$

$(u_\zeta, u_\eta\ u_\xi)$ ಸದಿಶವು—ವೇಗಗಳ ಸಂಕಲನಾ ಪ್ರಮೇಯದಿಂದ (ಭಾಗ 5) ಸಿದ್ಧಿಸುವ ರೀತಿ—k ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅಳತೆಮಾಡಿದ, ವಿದ್ಯುದಂಶದ ವೇಗವಲ್ಲದೆ ಮತ್ತೇನು ಅಲ್ಲವಾಗಿರುವ ಕಾರಣ, ನಮ್ಮ ಗತೀಯ ತತ್ವಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ, ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಾಯಗಳ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ವಿಜ್ಞಾನದ ಲೊರೆನ್ಟ್ಜ಼ನ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ ತಳಪಾಯವು ಸಾಪೇಕ್ಷ ತತ್ವದೊಡನೆ ಒಪ್ಪಿಗೆಯಿದೆಯೆಂಬುದಕ್ಕೆ ನಮಗೆ ಸಾಧನೆಯಿದೆ.

ಜತೆಗೆ ಈ ಕೆಳಕಂಡ ಮುಖ್ಯ ನಿಯಮವನ್ನು ತಿಳಿಸಿರುವ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ಸುಲಭವಾಗಿ ಅನುಮಿತಿಗೊಳಿಸಬಹುದೆಂಬುದನ್ನು ನಾನು ಸೂಕ್ತವಾಗಿ ಹೇಳಬಹುದು: ವಿದ್ಯುದೀಯವಾಗಿ ವಿದ್ಯುದಂಶವಿರುವ ಒಂದು ಕಾಯವು ಅದರೊಡನೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದಾಗ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲಿಯಾದರೂ ತನ್ನ ವಿದ್ಯುದಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗೊಳಿಸದೆ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಅದರ ವಿದ್ಯುದಂಶವೂ ಸಹ— "ನಿಶ್ಚಲ" ವ್ಯಯಸ್ಥೆ K ಯಿಂದ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದಾಗ–ನಿಯತವಾಗಿರುವುದು.

§10 ನಿಧಾನವಾಗಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಂಡ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಬಲವಿಜ್ಞಾನ

ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರವೊಂದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದೀಯವಾಗಿ ವಿದ್ಯುದಂಶಪಡೆದಿರುವ ಕಣವೊಂದು (ಇನ್ನುಮುಂದೆ "ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು" ಎಂದು ಕರೆದಿರುವ) ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರಲಿ ಅದರ ಚಲನೆಯ ನಿಯಮವನ್ನು ನಾವು ಈ ಕೆಳಕಂಡಂತೆ ಊಹಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಗೊತ್ತಾದ ಪ್ರಾರಂಭದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿದ್ದರೆ, ಕಾಲದ ಮುಂದಿನ ಘಳಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಚಲನೆಯು ಈ ಕೆಳಕಂಡ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಉಂಟಾಗುವುದು—

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = \in x$$

$$m \frac{d^2y}{dt^2} = \in y$$

$$m \frac{d^2z}{dt^2} = \in z$$

ಇಲ್ಲಿ x, y, z ಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳನ್ನು ಮತ್ತು m ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಜಡಾಂಶವನ್ನು, ಅದರ ಚಲನೆ ನಿಧಾನವಾಗಿರುವವರೆಗೆ, ಸೂಚಿಸುವುವು.

ಈಗ, ದ್ವಿತೀಯವಾಗಿ, ಗೊತ್ತಾದ ಪ್ರಾರಂಭದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವೇಗವು v ಆಗಿರಲಿ. ಮುಂದಿನ ತಕ್ಷಣದ ಕಾಲದ ಅವಧಿಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಚಲನೆಯ ನಿಯಮವನ್ನು ನಾವು ಕಾಣಲಿಚ್ಛಿಸುತ್ತೇವೆ.

ನಮ್ಮ ಪರಿಶೀಲನೆಗಳ ಸಾಮಾನ್ಯ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯಗಳನ್ನು ಬಲಿಗೊಡದೆ, ನಾವು ಅದರ ಕಡೆ ಗಮನವೀಯುವ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿದೆಯೆಂದೂ ಮತ್ತು K ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ X ಅಕ್ಷದಗುಂಟ v ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವುದೆಂದು ನಾವು ಊಹಿಸಬಹುದು ಮತ್ತು ಹಾಗೆ ಊಹಿಸುವೆವು. ಗೊತ್ತಾದಕಾಲ $(t = o)$ದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು X ಅಕ್ಷದ ಗುಂಟ v ವೇಗದಿಂದ ಸಮಾನಾಂತರ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ

ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿದೆಯೆಂಬುದು ಆಗ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿರುವುದು.

ಮೇಲಿನ ಊಹೆಯಿಂದ, ಸಾಪೇಕ್ಷ ತತ್ವದ ಜತೆಗೂಡಿ, ಮುಂದಿನ ತತ್ಕ್ಷಣದ ಕಾಲದಲ್ಲಿ (tಯು ಅಲ್ಪ ಮೌಲ್ಯಗಳಿಗೆ) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು, k ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಿದಂತೆ,

$$m\frac{d^2\xi}{d\tau^2} = \in x'$$

$$m\frac{d^2\eta}{d\tau^2} = \in y'$$

$$m\frac{d^2\zeta}{d\tau^2} = \in z'$$

ಸಮೀಕರಣಗಳ ಅನ್ವಯದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವುದೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿದೆ; ಇಲ್ಲಿ ξ, η, ζ X' Y' Z' ಸಂಕೇತಗಳು k ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವುವು. ಮುಂದೆ, $t=x=y=z=0$ ಆದಾಗ $\tau=\xi=\eta=\zeta=0$ ಎಂದು ನಾವು ನಿರ್ಧರಿಸಿದರೆ, ಭಾಗ 3ರ ಮತ್ತು 6ರ ಪರಿವರ್ತನಾ ಸಮೀಕರಣಗಳು ಅನ್ವಯಿಸುವುವು, ಇದರಿಂದ

$$\xi = \beta\,(x-vt)\,,\ \eta=y,\ \S=z,\ \tau=\beta\left(t-\frac{xv}{c^2}\right)$$

$$X^1=X\ Y^1=\beta\left((Y-\frac{vN}{c}\right),\ Z=\beta\left(Z+\frac{vM}{c}\right)$$

ನಾವು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಮೇಲಿನ ಚಲನ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು k ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ K ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ನಾವು ಪರಿವರ್ತಿಸುತ್ತೇವೆ, ಮತ್ತು

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{\in}{m\beta^s}X$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{\in}{m\beta}\left(y-\frac{v}{c}N\right) \quad (A)$$

$$\frac{d^2z}{dt^2} = \frac{\in}{m\beta}\left(Z-\frac{v}{c}M\right)$$

ಪಡೆಯುವೆವು.

ಸಾಧಾರಣ ಅಭಿಪ್ರಾಯ ದೃಷ್ಟಿಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತಾ, ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ "ಲಾಂಬಿಕ" ಮತ್ತು "ಲಂಬೀಯ" ಜಡಾಂಶದ ವಿಷಯವನ್ನು ಈಗ ಅನ್ವೇಶಿಸುತ್ತೇವೆ. ನಾವು (A) ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು

$$m\ \beta^3 \frac{d^2x}{dt^2} = \varepsilon x = x\ X'$$

$$m\ \beta^2 \frac{d^2y}{dt^2} = \varepsilon\beta\left(Y - \frac{vN}{c}\right) = \varepsilon\ Y'$$

$$m\ \beta^2 \frac{d^2z}{dt^2} = \varepsilon\beta\left(Z + \frac{v}{c}M\right) = \varepsilon\ Z'$$

ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬರೆಯುತ್ತೇವೆ ಮತ್ತು $\varepsilon\ X'$, $\varepsilon\ Y'$, $\varepsilon\ Z'$ಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಮೇಲೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತಿರುವ Ponderomotive ಬಲದ ಅಂಗಗಳೆಂದೂ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನಷ್ಟೇ ವೇಗದಿಂದ, ಈ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನೊಡನೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗಂತೂ ಹಾಗೇ ಇರುವುದೆಂದೂ ಮೊದಲಿಗೆ ಅಭಿಪ್ರಾಯ ಸೂಚಿಸಬೇಕು. (ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಈ ಬಲವನ್ನು, ಹಿಂದೆ ತಿಳಿಸಿದ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವ ಒಂದು ಸ್ಪ್ರಿಂಗ್ ತ್ರಾಸಿನಿಂದ, ಅಳತೆಮಾಡಬಹುದು). ಈ ಬಲವನ್ನು ಸುಮ್ಮನೆ "ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಮೇಲೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತಿರುವ ಬಲ" ಎಂದು ನಾವು ಕರೆಯುವುದಾದರೆ ಮತ್ತು ಜಡಾಂಶ $\times$ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ = ಬಲ—ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಸಂರಕ್ಷಿಸಿದರೆ ಮತ್ತು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗಳನ್ನು K ನಿಶ್ಚಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅಳತೆಮಾಡಲು ಸಹ ನಾವು ನಿರ್ಧರಿಸಿದರೆ, ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ

$$\text{ಲಾಂಬಿಕ ಜಡಾಂಶ} = \frac{m}{(\sqrt{1-v^2/c^2})^3}$$

$$\text{ಲಂಬೀಯ (ಅಡ್ಡ) ಜಡಾಂಶ} = \frac{m}{1-v^2/c^2}$$

ಎಂದು ನಾವು ಅನುಮಿತಿಗೊಳಿಸುವೆವು.

ಬಲದ ಮತ್ತು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದ ಬೇರೊಂದು ನಿರೂಪಣೆಯಿಂದ ಜಡಾಂಶಗಳ ಇತರ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ನಾವು ಸಹಜವಾಗಿಯೂ ಪಡೆಯಬೇಕು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಚಲನೆಯ ವಿವಿಧ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸುವಾಗ ನಾವು ಬಹು ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ಮುಂದುವರಿಯಬೇಕೆಂಬುದನ್ನು ಇದು ನಮಗೆ ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.

ಜಡಾಂಶಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಈ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಭಾರಯುತವಾದ ದ್ರವ್ಯಬಿಂದುಗಳಿಗೂ ಸಹ ಅನ್ವಯವಾಗುವುವೆಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಇಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸುತ್ತೇವೆ, ಏಕೆಂದರೆ ಭಾರಯುತವಾದ ದ್ರವ್ಯಬಿಂದುವನ್ನು, ಒಂದು ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಸೇರಿಸುತ್ತಾ, ಎಷ್ಟು ಚಿಕ್ಕದಾದರೂ ಪರವಾಯಿಲ್ಲ, ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಾಗಿ (ಪದದ ನಮ್ಮ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ) ಮಾಡಬಹುದು.

ಈಗ ನಾವು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುತ್ತೇವೆ. K ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ X ಸ್ಥಾಯೀ ವಿದ್ಯುದ್ಬಲದ ಪ್ರಭಾವದಲ್ಲಿ $\times$ ಅಕ್ಷದ ಗುಂಟ ನಿಶ್ಚಲದಿಂದ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಚಲಿಸಿದರೆ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಹಿಂತಿರುಗಿ ಪಡೆದ ಶಕ್ತಿಯ ಮೌಲ್ಯವು $\int \varepsilon \, \mathrm{X} \, dx$ ಆಗಿಬೆಯೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿದೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ನಿಧಾನವಾಗಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಮತ್ತು ತತ್ಫಲವಾಗಿ ರಶ್ಮಿ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಯಾವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೂ ಹೊರಗೆಡವಲಾರದೆ ಇರಬಹುದಾದುದರಿಂದ, ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಹೊರತೆಗೆದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಚಲನಶಕ್ತಿ W ಗೆ ಸಮವೆಂದು ಬರೆದಿಡಬೇಕು. ನಾವು ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಚಲನೆಯ ಇಡೀ ಕ್ರಿಯೆಯ ಕಾಲದಲ್ಲಿ (A) ಸಮೀಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಮೊದಲಿನದು ಅನ್ವಯವಾಗುವುದೆಂಬುದನ್ನು ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ನಾವು

$$W = \int \varepsilon \, \mathrm{X} \, dx = m\int_0^v \beta^3 \, v dv = mc^2 \left\{ \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} - 1 \right\}$$

ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. ಹೀಗಾಗಿ, $v = c$ ಆದಾಗ, W ಅನಂತವಾಗುವುದು. ಬೆಳಕಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನವೇಗಗಳ–ನಮ್ಮ ಹಿಂದಿನ ಫಲಿತಾಂಶಗಳಂತೆ–ಇರುವಿಕೆಯ ಸಾಧ್ಯತೆಯಿಲ್ಲ.

ಮೇಲೆ ನಿರೂಪಿಸಿದ ವಿಚಾರ ಮೌಲ್ಯದಿಂದ, ಚಲನಶಕ್ತಿಯ ಈ ಗಣಿತೋಕ್ತಿಯು ಸಹ ಭಾರಯುತ ಜಡಾಂಶಗಳಿಗೂ ಕೂಡ ಅನ್ವಯಿಸುವುವು.

ಪ್ರಯೋಗದ ಮಿತಿಗೆ ಒಳಪಡುವ (A) ಸಮೀಕರಣ ಗುಂಪಿನಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಚಲನೆಯ ಗುಣಗಳನ್ನು ನಾವು ಈಗ ಲೆಕ್ಕ ಹಾಕುವೆವು.

1. (A) ಗುಂಪಿನ ಎರಡನೆ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಒಂದು ವಿದ್ಯುದ್ಬಲ Y ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಬಲ N, v ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನೊಂದರ ಮೇಲೆ, $Y = \frac{Nv}{c}$ ಆದಾಗ, ಅಧಿಕ ದಿಕ್ಪಲ್ಲಟೇಯ ಪರಿಣಾಮವಿರುವುದು ಇದರಿಂದ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ನಮ್ಮ ಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ, ಯಾವುದಾದರೂ ವೇಗಕ್ಕೆ, ಕಾಂತೀಯ ದಿಕ್ಪಲ್ಲಟ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ A_m ಗೂ ವಿದ್ಯುದೀಯ ದಿಕ್ಪಲ್ಲಟ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ A_e ಗೂ, ಇರುವ ಪ್ರಮಾಣಾಂಕದಿಂದ

$$\frac{A_m}{A_e} = \frac{v}{c}$$

ನಿಯಮದ ಅನ್ವಯದಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವೇಗವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ.

ಈ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು, ಏಕೆಂದರೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವೇಗವನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಅಳತೆಮಾಡಬಹುದು, ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ಆಂದೋಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ.

2. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಚಲನಶಕ್ತಿಯ ಅನುಮಿತಿಯಿಂದ ದಾಟಿದ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ p ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಪಡೆದ ವೇಗ v ಗಳ ಮಧ್ಯೆ

$$P = \int x\, dr = \frac{mc^2}{\varepsilon} \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - 1 \right\}$$

ಸಂಬಂಧವಿರಲೇ ಬೇಕೆಂಬುದು ಇದರಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವುದು.

3. ಕಾಂತೀಯಬಲ N, (ದಿಕ್ಪಲ್ಲಟ ಬಲ ಒಂದೇ ಆಗಿ) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವೇಗಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತಿದ್ದಾಗ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಪಥದ ವಕ್ರತಾತ್ರಿಜ್ಯವನ್ನು ನಾವು ಲೆಕ್ಕಾಚಾರ ಮಾಡುವೆವು. (A) ಸಮೀಕರಣಗಳ ಎರಡನೆಯದರಿಂದ

$$-\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{v^2}{R} = \frac{\varepsilon}{m}\,\frac{v}{c}\,\sqrt{1 - v^2/c^2}$$

$$\text{ಅಥವಾ,}\quad R = \frac{mc^2}{\varepsilon}\,\frac{v/c}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}\,\frac{1}{N}$$

ನಾವು ಪಡೆಯುತ್ತೇವೆ. ಇಲ್ಲಿ ಬೆಳೆಸಿದ ಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಯಾವ ನಿಯಮಗಳಿಗನುಗುಣವಾಗಿ ಚಲಿಸುವುದೋ ಅದಕ್ಕೆ ಈ ಮೂರು ಸಂಬಂಧಗಳು ಸಂಪೂರ್ಣಗಣಿತೋಕ್ತಿಗಳಾಗಿವೆ.

ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಇಲ್ಲಿ ವಿಚಾರಮಾಡಿರುವ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಬಿಡಿಸುವಲ್ಲಿ ನನ್ನ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿ ಮತ್ತು ಸ್ನೇಹಿತ ಎಂ. ಬೆಸ್ಸೊ ಅವರ ಸತತ ಸಹಾಯ ದೊರಕಿತೆಂದೂ ಮತ್ತು ಅನೇಕ ಉಪಯುಕ್ತ ಸಲಹೆಗಳಿಗೆ ನಾನು ಅವರಿಗೆ ಋಣಿಯಾಗಿದ್ದೇನೆಂದೂ ನಾನು ತಿಳಿಯ ಬಯಸುತ್ತೇನೆ.

ಅನುವಾದ : ಡಾ॥ ಪಿ. ವೆಂಕಟರಾಮಯ್ಯ

ಅಮೆರಿಕದಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಐದನೆಯ ತರಗತಿಗೆ ಪಾಠ ಹೇಳುತ್ತಿದ್ದ ಉಪಾಧ್ಯಾಯರೊಬ್ಬರಿಗೆ ಒಂದು ಸಲ ಒಂದು ಸಮಸ್ಯೆ ಇದಿರಾಯಿತು. ಮನುಷ್ಯರು ಪ್ರಾಣಿ ರಾಜ್ಯಕ್ಕೆ ಸೇರಿದ ಜೀವಿಗಳೆಂಬ ಮಾತಿನಿಂದ ಆತನ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಲ್ಲಿ ಬಹುಪಾಲು ಮಂದಿ ದಿಗ್ಭ್ರಾಂತರಾಗಿ ಜುಗುಪ್ಸೆಗೊಂಡರು. ಅದನ್ನು ಕಂಡ ಆ ಉಪಾಧ್ಯಾಯರು, ಜಗತ್ತಿನ ಮೇಧಾವಿಗಳು ಈ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಏನು ಹೇಳುವರೋ ಕೇಳೋಣ ಎಂದು ಆ ಮಕ್ಕಳಿಗೆ ಹೇಳಿ ಅವರಿಂದ ಅಂತಹ ದೊಡ್ಡವರನೇಕರಿಗೆ ಪತ್ರಗಳನ್ನು ಬರೆಸಿದರು. ಅಂಥ ಒಂದು ಪತ್ರ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ರಿಗೂ ಹೋಯಿತು. ಅವರು ಕೂಡಲೇ ಈ ರೀತಿ ಉತ್ತರಿಸಿದರು :

ಪ್ರೀತಿಯ ಮಕ್ಕಳೇ,

"ಪ್ರಾಣಿ ಎಂದರೇನು?" ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆ ಸರಿಯಾದುದಲ್ಲ. "ನಾವು ಪ್ರಾಣಿ ಎಂದು ಕರೆಯುವುದು ಎಂಥ ವಸ್ತುವನ್ನು?" ಎಂದು ನಿಮ್ಮನ್ನು ನೀವೇ ಕೇಳಿಕೊಳ್ಳಿ. ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಕೆಲವೊಂದು ಲಕ್ಷಣಗಳು ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದರೆ, ಅಂಥ ವಸ್ತುವನ್ನು ನಾವು ಪ್ರಾಣಿ ಎನ್ನುತ್ತೇವೆ. ಅದು ಆಹಾರವನ್ನು ಸೇವಿಸುತ್ತದೆ; ತನ್ನಂತೆಯೇ ಇರುವ ತಂದೆತಾಯಿಗಳಿಂದ ಜನ್ಮ ಪಡೆದಿರುತ್ತದೆ; ತನಗೆ ತಾನೆ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ; ತನ್ನ ಕಾಲ ಮುಗಿದನಂತರ ಸತ್ತು ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದಲೇ ತಾನೇ, ನಾವು ಹುಳು, ಕೋಳಿ, ನಾಯಿ, ಮಂಗ—ಇವುಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಪ್ರಾಣಿಗಳೆಂದು ಕರೆಯುವುದು. ಮನುಷ್ಯರಾದ ನಮ್ಮ ವಿಷಯ? ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಯೋಚಿಸಿ ನೋಡಿ ನೀವೇ ನಿರ್ಧರಿಸಿ—ನಮ್ಮನ್ನು ಪ್ರಾಣಿಗಳೆಂದು ಕರೆಯುವುದು ಸರಿಯೇ ಎಂದು.

ಪ್ರೊ. ಕೆ. ಎನ್. ಶ್ರೀನಿವಾಸರಾವ್
ಮತ್ತು
ಡಾ. ಎ. ವಿ. ಗೋಪಾಲರಾವ್

ಕೆಲವು ಗುರುತ್ವ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಲ್ಲಿ ಕಣದ ಪತನ ಸಮಸ್ಯೆ

1. ಪೀಠಿಕೆ

ಇತ್ತೀಚಿನ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಮಟ್ಟಸ ಆಕಾಶ–ಕಾಲದ (flat space-time) ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ರೂಪಿತವಾಗಿರುವ ಹಲವಾರು ಗುರುತ್ವ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ಮೂಡಿ ಬಂದಿವೆ. ಯಾವುದೇ ಗುರುತ್ವ ಸಿದ್ಧಾಂತವೂ 'ಅಲ್ಪವೇಗ–ದುರ್ಬಲ ಕ್ಷೇತ್ರ' ಪರಿಮಿತಿಯಲ್ಲಿ (limit of low velocities and weak fields) ನ್ಯೂಟನೀಯ ಗುರುತ್ವ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಉಪಸಮ (approximate) ವಾಗಬೇಕು ಮತ್ತು ಮೂರು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಸಮರ್ಥವಾಗಿ ವಿವರಿಸಬೇಕು ಎಂಬ ಅಪೇಕ್ಷಿತಗಳ ಪೂರೈಕೆಯೇ ಈ ಎಲ್ಲ 'ಹೊಸ' ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ 'ತಯಾರಿಕೆಯ' ಹಿಂದಿರುವ ಮೂಲೋದ್ದೇಶ ಎನ್ನಬಹುದು. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನರ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತವೂ ಸೇರಿದಂತೆ ಈ ಹೊಸ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ ಪೈಕಿ ಕೆಲವಾದರೂ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಎರಡು ಅಪೇಕ್ಷಿತಗಳನ್ನು ಪೂರೈಸುವಂತೆ ಕಾಣುವುದರಿಂದ (ಅಂದರೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಗುರುತ್ವ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಸದ್ಯಕ್ಕೆ ಲಭ್ಯವಿರುವ ಹಲವಾರು ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಸಾಕಷ್ಟು ಚೆನ್ನಾಗಿ ವಿವರಿಸುವುದರಿಂದ), ಈ ಗುರುತ್ವ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ ಸಮೂಹದಿಂದ 'ಸರಿಯಾದ' ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಹೆಕ್ಕಿ ತೆಗೆಯುವ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಆಲಕ್ಷಿಸುವುದು ಹಿಂದೆಂದಿಗಿಂತಲೂ ಈಗ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಅಸಾಧ್ಯವೆನಿಸತೊಡಗಿದೆ.

ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ ವಿಂಗಡಣೆಯ ಈ ಅನಿವಾರ್ಯ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ತಕ್ಕ ಪರಿಹಾರ ಯುಕ್ತವಾದ ಹೊಸ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಹುಡುಕುವುದರಲ್ಲಿದೆ ಎಂಬುದು ಎಲ್ಲರಿಗೂ ತಿಳಿದ ವಿಚಾರ. ಆದರೆ ವಿಂಗಡಣೆಗೆ ಆಧಾರ ಪ್ರಾಯವಾಗಬಲ್ಲ ಹೊಸ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸುವಲ್ಲಿ, ಅತಿಸಮರ್ಥವಾದ ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ಚೌಕಟ್ಟನ್ನು (theoretical

frame-work) ಹೊಂದಿರಬೇಕಾದದ್ದು ಅತ್ಯಾವಶ್ಯಕ. ಇಂತಹ ಚೌಕಟ್ಟೊಂದನ್ನು ವಿಲ್ ಮತ್ತು ನಾರ್ಡ್ವೆಟ್ (1972*a*, 1972*b*) ತಮ್ಮ 'ಪ್ರಾಚಲೀಕೃತ ಉತ್ತರ ನ್ಯೂಟನೀಯ' (Postparametrized-Newtonian ಸಂಕ್ಷೇಪವಾಗಿ *PPN*) ವಿಧಾನದಿಂದ ಒದಗಿಸಿದ್ದಾರೆ. *PPN* ವಿಧಾನದಿಂದ ಅವರು ಅಲ್ಪವೇಗ–ದುರ್ಬಲ ಕ್ಷೇತ್ರ ಪರಿಮಿತಿಯಲ್ಲಿ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಚಲನವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು (systematics of the solar system) ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿ ಹಲವಾರು ಹಳೆಯ ಹಾಗೂ ಹೊಸ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ವಿವರವಾಗಿ ಚರ್ಚಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಇದರಿಂದ ಪ್ರಸ್ತುತಃ ಹಲವಾರು ಗುರುತ್ವ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ ನಡುವೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಆದರೆ *PPN* ವಿಧಾನ ಕೇವಲ ಅಲ್ಪವೇಗ–ದುರ್ಬಲ ಕ್ಷೇತ್ರ ಪರಿಮಿತಿಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದರಿಂದ ಈ ಪರಿಮಿತಿಯಲ್ಲಿ 'ಒಂದೇ ರೀತಿ' ವರ್ತಿಸುವ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸಿದ ಪಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಅಂತಹ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ ನಡುವಣ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು (ಅವು ಇದ್ದರೆ!) ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಗುರುತಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ ನಡುವೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಬೇರೆ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂತಹ ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ವಿಧಾನವೊಂದನ್ನು ಕುರಿತು ಚರ್ಚಿಸುವುದೇ ಈ ಲೇಖನದ ಉದ್ದೇಶ.

ಅಲ್ಪವೇಗ–ದುರ್ಬಲಕ್ಷೇತ್ರ ಪರಿಮಿತಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ರೀತಿ ಕಾಣುವ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ಬೇರೆಡೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದಲ್ಲಿ ಅಂತಹ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು 'ಅಧಿಕವೇಗ–ಪ್ರಬಲಕ್ಷೇತ್ರ'ವಲಯದಲ್ಲಿ (region of high velocities and strong fields) ಖಂಡಿತ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅಧಿಕವೇಗ–ಪ್ರಬಲಕ್ಷೇತ್ರ ವಲಯದಲ್ಲಿ ಗುರುತ್ವಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡುವ ಪ್ರಯತ್ನವನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದ್ದೇವೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಇಲ್ಲಿ ಅನುಸರಿಸಲಾಗಿರುವ ವಿಧಾನ, ಶ್ವಾರ್ಟ್ಸ್‌ಶಿಲ್ಡ್ ಪ್ರರೂಪದ ಕ್ಷೇತ್ರವೈಚಿತ್ರ್ಯದತ್ತ (field singularity) ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಪರೀಕ್ಷಾಕಣ (test-particle)ವೊಂದರ ಚಲನೆಯ ಅಧ್ಯಯನ. ಆಕರ್ಷಣಕೇಂದ್ರದ ನೆರೆಯಲ್ಲಿರುವ ಕ್ಷೇತ್ರವೈಚಿತ್ರ್ಯವನ್ನು ಒಳತೂರಿನೋಡುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಬೀಳುವ ಕಣದ ಚಲನೆಯ ಅಧ್ಯಯನ ಗುರುತ್ವಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ ಮೌಲ್ಯನಿರ್ಧರಣೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುವಂತಹ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸಬಲ್ಲದು. ಆದರೆ ಈ ಎಲ್ಲ ಹೊಸ ಗುರುತ್ವಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಕೇಂದ್ರೀಯ ಸಮಾಂಗೀಯತೆಯಿರುವ (centrally symmetric) ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರವೊಂದರಲ್ಲಿ, ಪರೀಕ್ಷಾಕಣದ ಚಲನೆಯನ್ನು ಕ್ಷೇತ್ರ ವೈಚಿತ್ರ್ಯವನ್ನು ಸುತ್ತುವರಿಯುವ ಕಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಅಭ್ಯಸಿಸಿದ್ದಾರೆಯೇ ಹೊರತು, ವೈಚಿತ್ರ್ಯವನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುವ ಇದಕ್ಕಿಂತ ಸರಳವಾದ ಚಲನೆಯನ್ನು—ಬಹುಶಃ ಈ ಅಧ್ಯಯನದ ಉಪಯುಕ್ತತೆಯನ್ನು ಸರಿಯಾಗಿ ಗ್ರಹಿಸದೆ—ಅಭ್ಯಾಸಮಾಡಿಲ್ಲ. ಹೀಗಾಗಿ, ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದ ವಿವಿಧ ಸೈದ್ಧಾಂತಿಕ ನಿರೂಪಣೆಗಳಲ್ಲಿನ ಸಣ್ಣ ಲೋಪವೊಂದನ್ನು ತುಂಬುವ ಪ್ರಯತ್ನ ಕೂಡ ನಮ್ಮ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಇದೆ ಎನ್ನಬಹುದು.

ಕೊನೆಯದಾಗಿ, ಈ ಲೇಖನದ ವಸ್ತುವಿನ ಬಗ್ಗೆ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಇಲ್ಲಿ ಮೂರು ಉದಾಹರಣೆಗಳಲ್ಲಿ, ಅಂದರೆ ಸ್ಕಾಟ್ (1966), ರಾಂಗ್‌ವೆಡ್ (1966) ಮತ್ತು ವೋಲ್ಫಾಫ್ (1971) ಇವರು ಮಂಡಿಸಿರುವ ಮೂರು ಹೊಸ ಗುರುತ್ವಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಲ್ಲಿ, ಕಣದ ಪತನವನ್ನು ಅಧಿಕವೇಗ–ದುರ್ಬಲಕ್ಷೇತ್ರ ವಲಯದಲ್ಲಿ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಿ ಅದರಿಂದ ಲಭಿಸಿದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ತತ್ಸಂಬಂಧಿತ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡುವ ಪ್ರಯತ್ನವನ್ನು ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಈ ಹೋಲಿಕೆಯ ಸಾರಾಂಶ ಹೀಗಿದೆ (ಶ್ರೀನಿವಾಸರಾವ್ ಮತ್ತು ಗೋಪಾಲರಾವ್, 1974 ; ಗೋಪಾಲರಾವ್, 1978): ಇಲ್ಲಿ ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗಿರುವ ಎಲ್ಲ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳೂ ಅಲ್ಪವೇಗ–ದುರ್ಬಲಕ್ಷೇತ್ರ ಪರಿಮಿತಿಯಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟನೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಉಪಸಮವಾಗುವುದರಿಂದ ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಈ ಪರಿಮಿತಿಯಲ್ಲಿ ಕಣದ ಪತನವನ್ನು ಒಂದೇ ತೆರನಾಗಿ ವಿವರಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಕಣದವೇಗ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಸಮೀಪಿಸಿದಾಗ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸಿದ್ಧಾಂತವೂ ಕಣದ ಪತನವನ್ನು ತನ್ನದೇ ಆದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಚಿತ್ರಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಈ ಪರಿಮಿತಿಯಲ್ಲಿನ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಗುಣಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಕೂಡ ಭಿನ್ನವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

2. ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಗುರುತ್ವಸಿದ್ಧಾಂತ

ಕಣದ ಪತನವನ್ನು ಮೊದಲಿಗೆ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ರೀತ್ಯ ಪರಿಗಣಿಸುತ್ತೇವೆ. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಹಾಗೂ ಮುಂದೆ ನಾವು ಚರ್ಚಿಸಲಿರುವ ಇತರ ಗುರುತ್ವಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಕಣವನ್ನು ತನ್ನತ್ತ ಸೆಳೆಯುವ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ ಕೇಂದ್ರೀಯ ಸಮಾಂಗೀಯತೆ ಇರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸುತ್ತೇವೆ. (ಕೇಂದ್ರೀಯ ಸಮಾಂಗೀಯತೆ ಇಲ್ಲದ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕಣದ ಪತನದ ಅಧ್ಯಯನ ಸಾಧ್ಯ, ಆದರೆ ಈ ಚರ್ಚೆ ಇಲ್ಲಿ ಅಪ್ರಸ್ತುತ.)

ಕೇಂದ್ರೀಯ ಸಮಾಂಗೀಯತೆ ಇರುವ ಶ್ವಾರ್ಟ್ಸ್‌ಶಿಲ್ಡ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಣದ ಪತನವನ್ನು ಬೇರೆಡೆ ವಿವರವಾಗಿ ಚರ್ಚಿಸಿರುವುದರಿಂದ (ಶ್ರೀನಿವಾಸರಾವ್, 1966 ; ಜೆಲ್ಡೊವಿಕ್ ಮತ್ತು ನೊವಿಕೊವ್, 1971), ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ಆ ಚರ್ಚೆಯಿಂದ ಲಭಿಸಿದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳ ಪೈಕಿ ಕೆಲವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಉದ್ಧರಿಸುತ್ತೇವೆ. ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ θ, ϕ ಮತ್ತು t ನಿರ್ದೇಶಕಗಳಿಗೆ ಸ್ಥಿರಮೌಲ್ಯಗಳುಳ್ಳ ಭೂರೇಖೆ (geodesic)ಯೊಂದರ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಪರೀಕ್ಷಾಕಣದ ವೇಗ v (ಶ್ರೀನಿವಾಸರಾವ್, 1966)

$$\frac{1-v^2/c^2}{1-u^2/c^2}=\frac{1-S/r}{1-S/r_\circ} \qquad (2\cdot1)$$

ಎಂಬ ಸೂತ್ರದಿಂದ ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ $S=2\ GM/c^2$ ಎನ್ನುವುದು ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ Mನ ಶ್ವಾರ್ಟ್ಸ್‌ಶಿಲ್ಡ್‌ತ್ರಿಜ್ಯ, G ಸಾರ್ವತಿಕ್ರ

ಗುರುತ್ವ ನಿಯತಾಂಕ, ಹಾಗೂ c ಬೆಳಕಿನ ನಿರ್ವಾತವೇಗ. ಇದಲ್ಲದೆ (2.1)ಅನ್ನು ಪಡೆಯುವಲ್ಲಿ $r=r_{\circ}$ ಆದಾಗ $v=u$ ಎಂಬ ಪ್ರಾರಂಭಿಕ ನಿರ್ಬಂಧ (initial condition)ವನ್ನು ಹೇರಲಾಗಿದೆ. ಈ ಸೂತ್ರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಗಮನಿಸಬೇಕಾದ ಇನ್ನೊಂದು ಅತಿಮುಖ್ಯ ವಿಚಾರವೆಂದರೆ, ಇಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ v (ಮತ್ತು u) ಕಣದ ಭೌತವೇಗ (Physical velocity) ಎಂಬುದು. ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಿಂದು (r, θ, ϕ) ನಲ್ಲಿ ನಿಶ್ಚಲನಾಗಿರುವ ವೀಕ್ಷಕನೋರ್ವ ಅಳೆದು ನಿರ್ಧರಿಸಿದ ಕಣ ಕ್ರಮಿಸಿದ ದೂರ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ ಕಣ ತೆಗೆದುಕೊಂಡ ಕಾಲದ ಧಾತುಗಳು (elements) ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ dl ಮತ್ತು $d\tau$ ಆದರೆ, ಆ ಬಿಂದು (r, θ, ϕ)ನಲ್ಲಿ ಕಣದ ಭೌತವೇಗವನ್ನು

$$v = \frac{dl}{d\tau} \qquad (2.2$$

ಎಂದು ನಿರೂಪಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ (ಲಾಂಡು ಮತ್ತು ಲಿಫ್‌ಶಿಟ್ಸ್, 1971). ಇಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿದ ಭೌತಕಾಲದ ಮತ್ತು ಭೌತದೂರದ ಅವಕಲಗಳು ನಿರ್ದೇಶಕಾವಕಲಗಳಾದ (coordinate differentials) dr ಮತ್ತು dt ಗಳೊಡನೆ

$$d\tau^2 = dt^2\ (1-S/r) \qquad (2.3)$$

$$dl^2 = dr^2\ (1-S/r)^{-1} \qquad (2.4)$$

ಎಂಬ ಸಂಬಂಧಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ.

ಕಣದ ಸ್ಥಳೀಯ (local) ಭೌತವೇಗ v ಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವ ಸಮೀಕರಣ (2.1), ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ M ನಿಂದ ಉತ್ಪಾದಿತವಾದ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದ ಎರಡು ಬಲು ಮುಖ್ಯ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಎತ್ತಿ ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಮೊದಲಿಗೆ c ಅನಂತಗಾಮಿಯಾಗುವ $(c\rightarrow\infty)$ ಪರಿಮಿತಿಯಲ್ಲಿ $S\rightarrow 0$ ಆದ್ದರಿಂದ l ಮತ್ತು τಗಳು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ r ಮತ್ತು t ಗಳಿಗೆ ಉಪಸಮಗೊಂಡು (2.1)ಕ್ಕೆ

$$v^2 - u^2 = 2GM\left(\frac{1}{l} - \frac{1}{l_{\circ}}\right) \qquad (2.5)$$

ಎಂಬ (ಉಪಸಮ) ರೂಪವನ್ನು ಕೊಡುತ್ತವೆ. ಈ ಉಪಸಮರೂಪ (2.4) ಬೇರಾವುದೂ ಆಗಿರದೆ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ M ನತ್ತ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಕಣವೊಂದರ ವೇಗವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವ ನ್ಯೂಟನೀಯ ಸೂತ್ರವೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಆಶ್ಚರ್ಯವೇನಿಲ್ಲ; ಏಕೆಂದರೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸಿದ್ಧಾಂತವೇ ಅಲ್ಪವೇಗ—ದುರ್ಬಲಕ್ಷೇತ್ರ ಪರಿಮಿತಿಯಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟನೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬ ಸುಪರಿಚಿತ ವಿಚಾರದಿಂದ ಇದನ್ನು ಮೊದಲೇ ಊಹಿಸಬಹುದಾಗಿತ್ತು. ಆದರೂ, (2.5) ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಒಳಗಟ್ಟು ಅತ್ಯಂತ ಸುಸಂಬದ್ಧವಾಗಿದೆ ಎಂಬುದರ ಒಂದು ಕುರುಹು ಎನ್ನಲಡ್ಡಿಯಿಲ್ಲ.

ಎರಡನೆಯದಾಗಿ, (2.1)ರಿಂದ, Mನ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರ $r=S$ ನಿರೂಪಿಸುವ **ವಿಚಿತ್ರಗೋಳದ** (singular sphere) **ಹೊರಗೆ ಎಲ್ಲೆಡೆಯಲ್ಲೂ ಆಕರ್ಷಕ ವಾಗಿರುತ್ತದೆ** ಎಂಬುದು ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರ ಕಾರಣ, ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಕಣದ ಭೌತವೇಗ v, ಅದರ ಪ್ರಾರಂಭ ಮೌಲ್ಯ uನಿಂದ ಒಂದೇ ಸಮನೆ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಾ ಹೋಗಿ $r\to S$ ಆದಾಗ cಯನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದೇ ಆಗಿದೆ.

3. ಸ್ಕಾಟ್‌ನ ಗುರುತ್ವಗತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತ

ಸ್ಕಾಟ್ ಮಂಡಿಸಿರುವ ಈ 'ಗುರುತ್ವಗತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತ'ದ (Gravito-Kinetic Theory) ಲಂಬಿಸಿದ ಚರ್ಚೆಯಾಗಲೀ ಹಾಗೆಯೇ ಮುಂದೆ ನಾವು ಪರಿಗಣಿಸಲಿರುವ ಇನ್ನೆರಡು ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ ಲಂಬಿಸಿದ ಚರ್ಚೆಯಾಗಲೀ, ನಮ್ಮ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗೆ ತೀರ ಅನಗತ್ಯವಾದ್ದರಿಂದ ನೇರವಾಗಿ ಕಣದ ಚಲನಸಮೀಕರಣದತ್ತ ಗಮನಹರಿಸುತ್ತೇವೆ. ವಿಶ್ರಾಂತಿ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ m_0 ಇರುವ ಪರೀಕ್ಷಾಕಣವೊಂದು ಮತ್ತೊಂದು 'ಬಲುಭಾರವಾದ' ಕಣದ (ವಿಶ್ರಾಂತಿ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ M, $M>>m_0$) ಗುರುತ್ವ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವಾಗಿನ ಸಮೀಕರಣ

$$\mathbf{F} = \frac{d}{dt}(m\mathbf{v}) = (1-v^2/c^2)^{-2}\,\frac{GMm}{r^3}\,\mathbf{r} \tag{3.1}$$

ಆಗಿರುತ್ತದೆ (ಸ್ಕಾಟ್, 1966). ಇಲ್ಲಿ $\mathbf{r}$, ಕಣದ (M ನಿಂದ mನ ಕಡೆಗೆ ಎಳೆದ ಸ್ಥಾನ ಸದಿಶ, $\mathbf{v}=d\mathbf{r}/dt$ ಅದರ ವೇಗ, $v\equiv|\mathbf{v}|$ ಮತ್ತು $m=m_0(1-v^2/c^2)^{-\frac{1}{2}}$ ಅದರ ಸಾಪೇಕ್ಷ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ (relative mass). ಪರೀಕ್ಷಾಕಣ ಆಕರ್ಷಣ ಕೇಂದ್ರ M ಅನ್ನು ಪರಿಭ್ರಮಿಸುವಾಗ ಅದರ (ಅಂದರೆ ಪರೀಕ್ಷಾಕಣದ) ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿನ ಪುರರವಿಯ (perihelion) ಚಲನೆಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಸ್ಕಾಟ್ $v<<c$ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿ (3.1)ನ್ನು

$$\frac{d\mathbf{v}}{dt}+\frac{\mathbf{v}}{m}\,\frac{dm}{dt}\approx\left(1+\frac{2v^2}{c^2}\right)\frac{GM}{r^3}\,\mathbf{r} \tag{3.2}$$

ಎಂಬ ಉಪಸಮತೆಯಲ್ಲಿ ಪರಿಗಣಿಸಿದ್ದಾನೆ. ಆದರೆ ನಮ್ಮ ಆಸಕ್ತಿ ಕಣದ ಸರಳ ರೇಖೀಯ ಸಮೀಪಿಸುವ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ (ಅಂದರೆ $\mathbf{v}=v\hat{\mathbf{r}}$) ಇರುವುದರಿಂದ, ಯಾವ ಉಪಸಮತೆಯೂ ಇಲ್ಲದೆ, (3.1)ನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ವಿಸ್ತರಿಸಿ ಪುನಃ ಜೋಡಿಸುವುದರಿಂದ ಲಭಿಸುವ

$$\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)\frac{dv}{dt} = -\frac{GM}{r^2} \tag{3.3}$$

ಎಂಬ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಈಗ ಪರಿಗಣಿಸುತ್ತೇವೆ. ಈ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ
$dv/dt = (dv/dr)\,(dr/dt) = v(dv/dr)$
ಎಂದು ಬರೆದು, $r=r_0$ ನಲ್ಲಿ $v=u$ ಎಂಬ ಪ್ರಾರಂಭ ಮೌಲ್ಯದೊಡನೆ ಅನುಕಲಿಸಿದರೆ

$$v^2 - u^2 - \frac{1}{2c^2}(v^4 - u^4) = 2GM\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_0}\right)$$

ಎಂದು ಮುಖ್ಯವಾದ ಸೂತ್ರ ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ಇದು ಯಾವ ಉಪಸಮ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನೂ ಒಳಗೊಂಡಿರದ, (3.1)ರ ಒಂದು ನಿಖರ ಅನುಕಲ (exact integral) ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು.

ಯಥಾಪ್ರಕಾರ, ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೇ $c \to \infty$ ಆದಾಗ (3.4), ತತ್ಸಂಬಂಧಿತ ನ್ಯೂಟನೀಯ ಸೂತ್ರ (2.5)ನ್ನು ಉಪಸಮಿಸುತ್ತದೆ. (ಆದರೆ ಇಲ್ಲಿ $l=r$ ಮತ್ತು $l_0=r_0$ ಎಂದು ಬರೆಯಬೇಕು.) ಅಂದರೆ ಸ್ಕಾಟ್ ಸಿದ್ಧಾಂತವೂ ಅಲ್ಪವೇಗದ ಪರಿಮಿತಿಯಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟನೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಹೋಲುತ್ತದೆ ಎಂದಾಯಿತು. ಅಧಿಕವೇಗದ ಪರಿಮಿತಿಯಲ್ಲಿ (3.4) ಕಣದ ಚಲನೆಯನ್ನು ಹೇಗೆ ಚಿತ್ರಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯಲು R ಎಂಬ ಉದ್ದಪ್ರಾಚಲ (length parameter)ವನ್ನು

$$R = 2S\,\{(2S/r_0) + (1-u^2/c^2)^2\}^{-1} \qquad (3.5)$$

ಎಂದು ನಿರೂಪಿಸುವುದು ಅನುಕೂಲಕರ. ಇಲ್ಲಿ S ಹಿಂದಿನಂತೆ Mನ ಶ್ವಾರ್ಟ್ಸ್‌ಶಿಲ್ಡ್ ತ್ರಿಜ್ಯ. ಈ ಪ್ರಾಚಲದ ನಿರೂಪಣೆಯ ಪ್ರಕಾರ $u \ll c$, ಮತ್ತು $r_\circ \gg S$ ಆದಾಗ $R \approx 2\,S$, ಮತ್ತು $u \sim c$ ಆದಾಗ $R \approx r_\circ$ ಎಂಬುವು ಅನುಗತಿಸುತ್ತವೆ. ಈಗ, (3.5)ರಲ್ಲಿ $r=R$ ಎಂದು ಬರೆದರೆ,

$$2\,GM\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_\circ}\right) = 2\,GM\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r_\circ}\right) = \frac{c^2}{2}\left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right)^2$$

ಆಗುವುದರಿಂದ,

$$r = R \text{ ನಲ್ಲಿ } v = c \qquad \dots (3.6)$$

ಎಂದು ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ. (ಇಲ್ಲಿ (3.4)ನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ್ದೇವೆ ಮತ್ತು v ಅದರ ವ್ಯಾಖ್ಯೆ $v = |\mathbf{v}|$ ಯ ಪ್ರಕಾರ ಧನಾತ್ಮಕ ಎಂಬ ವಾಸ್ತವಾಂಶವನ್ನು ಬಳಸಿದ್ದೇವೆ.) ಇದಲ್ಲದೆ $r < R$ ಆದಾಗ

$$2\,S/r > 2\,S/R = (2\,S/r_\circ) + (1-u^2/c^2)^2$$

ಆಗುವುದರಿಂದ

$$2S\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{r_\circ}\right) > \left(1-\frac{u^2}{c^2}\right)^2 = \left(1-\frac{2u^2}{c^2}+\frac{u^4}{c^4}\right)$$

ಎಂಬ ಅಸಮತೆ (inequality) ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು (3.4)ರ ಜೊತೆಗೂಡಿಸಿದಾಗ

$$r<R \text{ ಆದಾಗ } (c^2-v^2)^2<0 \qquad \text{.... (3.7)}$$

ಎಂದು ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ. $r<R$ ಆದಾಗ v ಒಂದು ಮಿಶ್ರ್ಯಸಂಖ್ಯೆ (complex number) ಎಂದು ಇದರ ಅರ್ಥ. ಈಗ (3.6) ಮತ್ತು (3.7)ನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ, $r \leqslant R$ ಎಂಬ ವಲಯ (region)ದಲ್ಲಿ ಕಣದ ಚಲನೆಗೆ ಯಾವ ಅರ್ಥವೂ ಇಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ ಈ ವಲಯ ಒಂದು ರೀತಿಯ ವಿಚಿತ್ರವಲಯ (Singular region) ಎಂಬ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ಬರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಈ ವಿಚಿತ್ರವಲಯ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿನ ಶ್ವಾರ್ಟ್ಸ್‌ಶಿಲ್ಡ್ ಗೋಳದಂತೆ ಒಂದು ಸ್ಥಿರವಲಯವಲ್ಲ; ಅಲ್ಲಿ ಶ್ವಾರ್ಟ್ಸ್‌ಶಿಲ್ಡ್ ವಲಯದ ತ್ರಿಜ್ಯ $r=S$, M ಅನ್ನು ಮಾತ್ರ ಅವಲಂಬಿಸಿದ ಒಂದು ಸ್ಥಿರಾಂಕವಾದರೆ, ಇಲ್ಲಿ $r=R$, M ಅಲ್ಲದೆ ವಿಕ್ಷೇಪಿತ (projected) ಪರೀಕ್ಷಾಕಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಪ್ರಾರಂಭಮೌಲ್ಯಗಳಾದ u ಮತ್ತು $r_\circ$ ಗಳನ್ನೂ ಅವಲಂಬಿಸಿದ ಒಂದು ಪ್ರಾಚಲವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದ ಸಮೀಪದ ವಿಕ್ಷೇಪನ ವೇಗಗಳಿಗೆ $(u \sim c)$, $R \sim r_\circ$ ಆಗುತ್ತದೆ, ಅಂದರೆ ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ವಿಚಿತ್ರವಲಯ $r \leq R$ ಆಕರ್ಷಣ ಕೇಂದ್ರ $r=0$ ಯಿಂದ ವಿಕ್ಷೇಪಣ ಬಿಂದು $r=r_\circ$ಯ ವರೆಗೂ ಆವರಿಸಿಕೊಂಡಿರುತ್ತದೆ.

4 ರಾಂಗ್‌ವೆಡ್‌ನ ಗುರುತ್ವ ಸಿದ್ಧಾಂತ

ಈ ಗುರುತ್ವ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ Mನ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಪರೀಕ್ಷಾಕಣವೊಂದರ ವೇಗ v

$$v^2=c^2 R\,(1-k^2R^{\frac{1}{2}}) \qquad \text{.... (4.1)}$$

ಎಂಬ ಸೂತ್ರದಿಂದ ಲಭಿಸುತ್ತದೆ ರಾಂಗ್‌ವೆಡ್, 1966). ಇಲ್ಲಿ $R=(1-2S/r)$, $S=2\,GM/c^2$ ಮತ್ತು k ಎಂಬುದು v ಯ ಮೇಲಿನ ಪ್ರಾರಂಭ ನಿರ್ಬಂಧಗಳಿಂದ ನಿರ್ಧರಿತವಾಗಬೇಕಾದ ಒಂದು ಅನುಕಲನ ಸ್ಥಿರಾಂಕ. ಅಲ್ಲದೆ, ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ಉಪಯೋಗಿಸಿರುವ ಸ್ಥಿರಾಂಕ ರಾಂಗ್‌ವೆಡ್ ಉಪಯೋಗಿಸಿರುವ ಸ್ಥಿರಾಂಕ Aಯ ವ್ಯುತ್ಕ್ರಮ (reciprocal) ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು.

ನಿಯತಾಂಕ kಯ ಮೇಲಿರುವ ಕೆಲವು ನಿರ್ಬಂಧಗಳನ್ನರಿಯಲು ರಾಂಗ್‌ವೆಡ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಕಣದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ m ಅನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವ

$$m = m_0/(kR^{3/4}) \qquad \text{.... (4.2)}$$

ಎಂಬ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ k ಶೂನ್ಯವಾಗಲಾರದೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟ ; ಏಕೆಂದರೆ ಆಗ ಕಣ ಎಲ್ಲೇ ಇದ್ದರೂ (ಅಂದರೆ Rನ ಯಾವುದೇ ಬೆಲೆಗೂ) ಅದರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ m ಅನಂತವಾಗುತ್ತದೆ. ಎರಡನೆಯದಾಗಿ, ಇದೇ ಕಾರಣಕ್ಕಾಗಿ $k \neq 0$ ಆದಾಗಲೂ $R=0$ ಅಥವಾ $r=2S$ ಆಗುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ $r>2S$ ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯ. ಆದರೆ $r>2S$ ಆದಾಗ $R^{3/4}>0$ ಆದ್ದರಿಂದ k ಕೂಡ ಧನಾತ್ಮಕವಾಗಿರಬೇಕು ; ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ $m<0$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ (4.2)ರಿಂದ

$$k>0 \;; \quad r>2S \qquad \text{(4.3)}$$

ಆದಾಗ ಮಾತ್ರ ಕಣದ ಚಲನೆ ಭೌತಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬುದು ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಂದ ಮಾತ್ರಕ್ಕೆ kಯ ಯಾವುದೇ ಶೂನ್ಯವಲ್ಲದ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ $2S$ಗಿಂತ ಅಧಿಕ ವಾಗಿರುವ ಎಲ್ಲ ಮೌಲ್ಯಗಳೂ rಗೆ ಸಾಧ್ಯ ಎಂದಲ್ಲ ; ಏಕೆಂದರೆ (4.1)ರ ಪ್ರಕಾರ

$$r<\rho=2S/(1-k^{-4}) \qquad \text{.... (4.5)}$$

ಆದಾಗ ಮಾತ್ರ ಕಣದ ಚಲನೆ ಭೌತಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ನೇರವಾಗಿ, $r=r_0$ ಆದಾಗ $v=u$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ನಿರ್ಬಂಧಿಸಿದರೆ, (4.1) ರಿಂದ

$$k^2 = (1-u^2/c^2R_0)R_0^{-\frac{1}{2}} \qquad \text{.... (4.6)}$$

ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ $R_0=(1-2S/r_0)$ ಎಂದು ಬರೆದಿದ್ದೇವೆ. ಈಗ $r>2S$ ನಲ್ಲಿರುವ ಯಾವುದೇ r_0ಗೆ $1>R_0>0$ ಆದ್ದರಿಂದ, $k^2>0$ ಆಗಿರಬೇಕಾದರೆ

$$c^2R_0>u^2 \qquad \text{.... (4.7)}$$

ಆಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಕಣದ ಪ್ರಾರಂಭವೇಗ uನ ಮೇಲೆ ಖಚಿತವಾದ ಒಂದು ನಿರ್ಬಂಧ. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ, $r=\infty$ ವನ್ನುಳಿದು ಇತರ ಯಾವುದೇ (ಸಾಂತ) r_0 ಯಿಂದ ವಿಕ್ಷೇಪಿಸಿದ ಕಣಕ್ಕೂ ($c^2R_0<c^2$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ)

$$c^2R_0 \leqslant u^2<c^2 \qquad \text{.... (4.8)}$$

ಎಂಬ ವ್ಯಾಪ್ತಿ (range)ಯಲ್ಲಿನ ಪ್ರಾರಂಭವೇಗಗಳು ನಿಷಿದ್ಧ (forbidden). ಈ 'ವಿಚಿತ್ರ' ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿನ ಇದಕ್ಕೆ ಸಂವಾದಿಯಾದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿ ನೋಡಬಹುದು. ಅಲ್ಲಿ uವಿನ ಮೇಲೆ ಯಾವುದೇ $r_0 < S$ಗೆ $u < c$ ಎಂಬ ಯುಕ್ತವಾದ ಅಪೇಕ್ಷೆ ಮಾತ್ರ ಇರುತ್ತದೆ.

ರಾಂಗ್‌ವೆಡ್ ಸಿದ್ಧಾಂತ ತೋರ್ಪಡಿಸುವ ಮತ್ತೊಂದು ವಿಚಿತ್ರವರ್ತನೆಯನ್ನು ಅರಿಯಲು vಯ ಗರಿಷ್ಠ ಮೌಲ್ಯಗಳತ್ತ ಗಮನ ಹರಿಸುತ್ತೇವೆ. ಸಮೀಕರಣ (4.1)ನ್ನು r ಅನ್ನು ಕುರಿತಂತೆ ಅವಕಲಿಸಿದರೆ

$$\frac{2v}{c^2}\frac{dv}{dr} = \frac{2s}{r^2}\left(1 - \tfrac{3}{2}\, k^2 R^{\frac{1}{2}}\right)$$

ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ $r = \infty$ ವನ್ನುಳಿದು,

$$r = r_m = \left[1 - (4/9)\, k^{-4}\right]^{-1} 2S < \rho \qquad \text{.... (4.9)}$$

ಎಂಬ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ (dv/dr) ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದು ಅನುಗತಿಸುತ್ತದೆ ($r = r_m$ನಲ್ಲಿ v ಶೂನ್ಯವಲ್ಲ; ಸಮೀಕರಣ (4.1)ನ್ನು ನೋಡಿ). ಅಲ್ಲದೆ $\rho > r > 2S$ನಲ್ಲಿ v ಎಲ್ಲೂ ಶೂನ್ಯವಾಗದಿರುವುದರಿಂದ ಮತ್ತು (4.1)ರಿಂದ ಲಭಿಸುವ v ಅದರ ವಾಖ್ಯೆಯಿಂದಲೇ ($v = +\sqrt{v\, v}$) ಒಂದು ಧನಾತ್ಮಕರಾಶಿ ಯಾದ್ದರಿಂದ, $r = r_m$ನಲ್ಲಿ v ತನ್ನ ಗರಿಷ್ಠಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತದೆ. ಈಗ (4.1)ರಲ್ಲಿ (4.9)ನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ, vಯ ಈ ಗರಿಷ್ಠಮೌಲ್ಯ

$$v = v_m = (4/27)^{\frac{1}{2}}\, ck^{-2} \qquad \text{.... (4.10)}$$

ಎಂದು ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ. ಕಣದ ವೇಗ v, $r = r_m$ನಲ್ಲಿ ಗರಿಷ್ಠವಾಗಿ $r = 2S$ನಲ್ಲಿ ಶೂನ್ಯವಾಗುವುದರಿಂದ $r_m > r > 2S$ನಲ್ಲಿ ಕಣ **ವೇಗಾಪಕರ್ಷ** ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ $r_m > r > 2S$ **ಎಂಬುದು ಕಣಕ್ಕೆ ಒಂದು ವಿಕರ್ಷಕವಲಯ** (repulsiveregion). ಆದರೆ ಈ ವಿಕರ್ಷಕವಲಯ, r_m kನ ಉತ್ಪನ್ನ ವಾದ್ದರಿಂದ, ವಿಕ್ಷೇಪಿತಕಣದ ಪ್ರಾರಂಭಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿ ಬದಲಾಗುವ ಒಂದು **ಚರವಲಯ** (variable region). u ಮತ್ತು r_0ಗಳನ್ನು $k^2 > 2/3$ ಆಗುವಂತೆ ಆಯ್ದುದಾದರೆ (ಸಮೀಕರಣ (4.6)ನ್ನು ನೋಡಿ) r_m ಧನಾತ್ಮಕ ವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು $(k^2 - 2/3)$ಯನ್ನು ಸಾಕಷ್ಟು ಚಿಕ್ಕದಾಗಿ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಈ ವಿಕರ್ಷವಲಯವನ್ನು ಇಚ್ಛೆಯಿದ್ದಷ್ಟು ಹಿಗ್ಗಿಸಬಹುದು. $k^2 = 2/3$ ಆದಾಗ r_m ಅನಂತವಾಗಿ $v_m = c/\sqrt{3}$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಈ ಮೌಲ್ಯ v_mಗೆ ಗರಿಷ್ಠವಾಗಿರುತ್ತದೆ. $k^2 < 2/3$ ಆದಾಗ (ಅಥವಾ $u > c/\sqrt{3}$ ಆದಾಗ) vಗೆ ಗರಿಷ್ಠಮೌಲ್ಯಗಳಿರು

ವುದಿಲ್ಲ; ಏಕೆಂದರೆ ಆಗ $r_m < 0$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ವಿಕ್ಷೇಪಿತವಾದ ಕಣದ ವೇಗ v ತನ್ನ ಪ್ರಾರಂಭಪಮೌಲ್ಯ uನಿಂದ ಸತತವಾಗಿ ಕಡಿಮೆ ಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗಿ $r=2S$ನಲ್ಲಿ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ Mನ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರ $r=2S$ನ ಹೊರಗೆ ಎಲ್ಲೆಡೆಯಲ್ಲೂ ವಿಕರ್ಷಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ವಿಕರ್ಷಕವಲಯಗಳು ತೋರ್ಕೆಗೆ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಕೂಡ ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ ಎಂಬುದರತ್ತ ಗಮನ ಸೆಳೆಯುವುದು ಇಲ್ಲಿ ಯುಕ್ತ (ಮೆಕ್‌ವಿಟ್ಟಿ, 1956 ; ಮೋಲರ್, 1972 ; ಜಾಫ್ ಮತ್ತು ಶಪಿರೋ, 1972, 1973 ; ಬೆಯರ್ ಲೀನ್, 1973 ; ಕೂರ್ಮೆಲ್ಲಿ 1972). ಆದರೆ ಈ ವಿಕರ್ಷಕವಲಯಗಳು ನಿರ್ದೇಶಕ ವೇಗಕ್ಕೆ (coordinate velocity) ಮಾತ್ರ ಸಂಬಂಧಿಸಿದವು ಮತ್ತು ಈ 'ತೊಂದರೆ' ಭೌತಪ್ರಾಮುಖ್ಯವಿರುವ ಭೌತವೇಗವನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಿದಾಗ ಉದ್ಭವಿಸು ವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬುದು ಗಮನಾರ್ಹ (ಶ್ರೀನಿವಾಸರಾವ್, 1966 ; ಜೆಲ್ಡೋವಿಕ್ ಮತ್ತು ನೋವಿಕೋವ್, 1971).

5 ವೋಲ್ಕಾಫ್‌ನ 'ದೂರಕ್ರಿಯಾ' ಸಿದ್ಧಾಂತ

ವೋಲ್ಕಾಫ್ ಮಂಡಿಸಿರುವ (1971) ಈ 'ದೂರಕ್ರಿಯಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ (action-at-a-distance theory) ಪ್ರಕಾರ, ವಿಶ್ರಾಂತಿ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ M ಇರುವ ಕಣವೊಂದು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಪರೀಕ್ಷಾಕಣವೊಂದರ (ವಿಶ್ರಾಂತಿ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ $M_\circ$; $M >> m_\circ$) ಅರೀಯ ಚಲನೆಗೆ ಇರುವ 'ದೂರ ಮತ್ತು ವೇಗದ' ಸಂಬಂಧ ಈ ರೀತಿ ಇರುತ್ತದೆ :

$$\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{P + m_\circ c^2}{E - Q}. \quad \cdots(5\cdot1)$$

ಇಲ್ಲಿ

$$P = -b\, GM\, m_\circ/r\ ,\ Q = -a\, GM\, m_\circ/r\ , \quad \cdots(5\cdot2)$$

G ಎಂದಿನಂತೆ ಗುರುತ್ವಸಿರಾಂಕ, a, bಗಳು

$$a + b = 1 \quad \cdots(5.3)$$

ಎಂಬ ನಿರ್ಬಂಧಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿರುವ ಯಾವುದೇ ಎರಡು ನೈಜ ಪ್ರಾಚಲಗಳು ಮತ್ತು E ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಸಮಗ್ರಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುವ ಸ್ಥಿರಾಂಕ, ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಸಮಗ್ರಶಕ್ತಿ Eಯನ್ನು $r=r_\circ$ ಎಂಬಲ್ಲಿ $v=u$ ಆಗಿದೆ ಎಂಬ ಪ್ರಾರಂಭ ನಿರ್ಬಂಧವನ್ನು (5.1)ರಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಹೀಗೆ ವ್ಯಕ್ತಗೊಳಿಸಬಹುದು :

$$E=(a\,GM\,m_\circ/r_\circ)+(m_\circ c^2-b\,GM\,m_\circ/r)\,(1-u^2/c^2)^{-\frac{1}{2}} \quad (5{\cdot}5)$$

ಇದನ್ನು (5·1)ರಲ್ಲಿ ಆದೇಶಿಸಿದರೆ, ಕೊಂಚ ಸರಳೀಕರಣದ ತರುವಾಯ

$$\left(\frac{1-v^2/c^2}{1-u^2/c^2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$=\frac{(c^2-b\,GM/r)}{(c^2-b\,GM/r)+a\,GM\,(1-u^2/c^2)^{\frac{1}{2}}\,(r^{-1}-r_\circ^{-1})} \quad \cdots(5{\cdot}5)$$

ಎಂಬ ಸೂತ್ರ ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ, ಹಾಗೂ ಮುಂದಿನ ಚರ್ಚೆಯಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರಲಾಗುವ ಎಲ್ಲ ವರ್ಗಮೂಲಗಳನ್ನೂ ಧನಾತ್ಮಕ ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು. ಸಮೀಕರಣ (5.5)ರಿಂದ v ಮತ್ತು uಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಕೆಲವು ಅಸಮತೆಗಳು (inequalities) ಒಡನೆ ಅನುಗತಿಸುತ್ತವೆ. ಮೊತ್ತಮೊದಲಿಗೆ

$$(1-v^2/c^2)^{\frac{1}{2}} \gtreqless (1-u^2/c^2)^{\frac{1}{2}} \longleftrightarrow v \lesseqgtr u$$

ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿ. ಇದು (5.5)ರ ಕಾರಣವಾಗಿ

$$-b\,(r^{-1}-r_\circ^{-1}) \lesseqgtr a\,(r^{-1}-r_\circ^{-1})\,(1-u^2/c^2)^{\frac{1}{2}} \longleftrightarrow v \gtreqless u$$

ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ. Mನತ್ತ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಕಣಕ್ಕೆ $r < r_\circ$ ಆದ್ದರಿಂದ ಇದನ್ನು

$$-b \lesseqgtr a\,(1-u^2/c^2)^{\frac{1}{2}} \longleftrightarrow v \gtreqless u \quad \cdots(5.6)$$

ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದು. ಇಲ್ಲಿನತನಕ ನಿರ್ಬಂಧ (5.3)ನ್ನು ತೃಪ್ತಿಗೊಳಿಸಬೇಕು ಎಂಬುದನ್ನುಳಿದು ಇನ್ನಾವ ಅಭಿಗೃಹೀತವನ್ನೂ (assumption) ಪ್ರಾಚಲ a, bಗಳ ಮೇಲೆ ಹೇರಿಲ್ಲ. ಈಗ ಇವು

$$b<0\ ,\ a=(1-b)>0 \quad \cdots(5.7)$$

ಎಂಬ ಮತ್ತೊಂದು ನಿರ್ಬಂಧಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟಿವೆ ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸೋಣ. ಆಗ (5.6) ಎರಡೂ ಪಾರ್ಶ್ವಗಳನ್ನು $a>0$ಯಿಂದ ಭಾಗಿಸಿದರೆ

$$-b/a \gtreqless (1-u^2/c^2)^{\frac{1}{2}} \longleftrightarrow v \lesseqgtr u \quad \cdots(5.8)$$

ಎಂಬುದು ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ವರ್ಗಿಸಿ (squaring), ಮರುಜೋಡಿಸಿ ಪುನಃ ವರ್ಗಮೂಲವನ್ನು ಪಡೆದರೆ

$$u \lesseqgtr c\,(1-b^2/a^2)^{\frac{1}{2}} \equiv v_m \text{ ಆದಾಗ } v \gtreqless u \quad .... (5.9)$$

ಎಂಬ ಮುಖ್ಯ ಅಸಮತೆ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿರುವ ವರ್ಗಮೂಲವೂ ಧನಾತ್ಮಕವಾದದ್ದು ಎಂದು ಮತ್ತೆ ಹೇಳಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ.

ಮೇಲೆ ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸಲಾದ v_m, $b=(1-a)<0$ ಆದಾಗ ಮಾತ್ರ ನೈಜವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು. ಇದಲ್ಲದೆ $b>0$ ಆದಾಗಿನ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಪರಿಗಣಿಸಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ, ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಮುನ್ನುಡಿಯುವ (predict) ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮವಾದ ಪುರರವಿಪಲ್ಲಟ (perihelic shift) ಬುಧಗ್ರಹದ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಆಗಬೇಕಾದರೆ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರಾಚಲ bಗೆ $b=-5/2$ ಎಂಬ ಋಣಾತ್ಮಕಮೌಲ್ಯವನ್ನೀಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೆ, (5.9) ರ ಪ್ರಕಾರ

$$v_m = c(24/49)^{\frac{1}{2}} \quad .... (5.10)$$

ಆಗುತ್ತದೆ.

ಈಗ (5.9) ರಿಂದ ಅನುಗತಿಸುವ ಫಲಿತಾಂಶಗಳೇನು ಎಂದು ನೋಡೋಣ. ಕಣದ ಪ್ರಾರಂಭದ ವಿಕ್ಷೇಪಣವೇಗ u, v_m ಗಿಂತ ಅಧಿಕವಾಗಿದ್ದಲ್ಲಿ $v<u$ ಆಗುವುದರಿಂದ ಕ್ಷೇತ್ರ, ಕಣದ ಸಮೀಪಿಸುವ ಚಲನೆಗೆ ಒಂದು ರೀತಿಯ ಪ್ರತಿರೋಧವನ್ನು (ವಿಕರ್ಷಣೆ) ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ, ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಕಣ ಅರೀಯ ರೇಖೆಯ ಮೇಲೆ ಎಲ್ಲೆಡೆಯಲ್ಲೂ ವೇಗಾಪಕರ್ಷಹೊಂದುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ. ಎರಡನೆಯದಾಗಿ $u=v_m$ ಎಂಬ ಪ್ರಾರಂಭವೇಗದಿಂದ ಬೀಳುವ ಕಣಕ್ಕೆ, $v=u$ ಆಗುವುದರಿಂದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವಾಗಲೀ ವೇಗಾಗಪಕರ್ಷವಾಗಲಿ ಇಲ್ಲದೆ, ಚಲನೆ v_m ಅನ್ನು ನಿಯತ ವೇಗವಾಗಿ ಉಳ್ಳ ಏಕರೀತಿಯ ಚಲನೆ (uniform motion) ಯಾಗುತ್ತದೆ! ಕೊನೆಯದಾಗಿ, $u<v_m$ ಇದ್ದಾಗ ಮಾತ್ರ ಬೀಳುವಕಣಕ್ಕೆ ಕ್ಷೇತ್ರ ಆಕರ್ಷಕವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಈ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ ಕಣ ಪಡೆಯಬಲ್ಲ ಗರಿಷ್ಠ ವೇಗ $(24/49)^{\frac{1}{2}}$ ಮಾತ್ರ.

6 ಉಪಸಂಹಾರ

ಮೇಲಿನ ಚರ್ಚೆಯಿಂದ, ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಬಲವಲಯದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನವೇಗಕ್ಕೆ ಸಮೀಪವಾದ ವೇಗಗಳೊಡನೆ ಚಲಿಸುವ ಕಣಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನೂ ತನ್ಮೂಲಕ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸ್ವಭಾವವನ್ನೂ ಅರಿಯಲು, ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಕಣದ ಚಲನೆಯ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ ಒಂದು ಉಪಯುಕ್ತ ವಿಧಾನ ಎಂದು ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ. ಮೇಲಾಗಿ, ಇಲ್ಲಿ ಮಾಡಿರುವ ಹೋಲಿಕೆಯಿಂದ, ಪರಿಗಣಿಸಲಾಗಿರುವ ಮೂರೂ ಹೊಸ ಗುರುತ್ವಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಲ್ಲಿ,

ಚರವಿಚಿತ್ರವಲಯಗಳು ಮತ್ತು ಚರವಿಕರ್ಷಕವಲಯಗಳಂಥ ನ್ಯೂಟನೀಯವಲ್ಲದ ವಕ್ರ (?) ವರ್ತನೆಗಳು ಕಂಡುಬಂದರೆ, ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಇವುಗಳೆಲ್ಲವುಗಳಿಂದ ಮುಕ್ತವಾಗಿದೆ ಎಂದು ವಿಶದವಾಗುತ್ತದೆ. ನಮಗಂತೂ ವೈಯಕ್ತಿಕವಾಗಿ ಇದು ಉಳಿದ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಂತೆ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೇಲ್ಮೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಿದೆ ಅನ್ನಿಸುತ್ತದೆ. ಬೀಳುವ ಕಣದ ಚಲನೆಯ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯಂತಹ ಸರಳ ಅಧ್ಯಯನ ಕೂಡ, ಪ್ರಬಲಕ್ಷೇತ್ರವಲಯದಲ್ಲಿ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತ ತೋರ್ಪಡಿಸುವ (ಆದರೆ ಉಳಿದ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಲ್ಲಿ ಇಲ್ಲದಿರುವ), ಸೌಂದರ್ಯಪ್ರಜ್ಞೆಗೆ ಪ್ರಿಯವೆನಿಸಬಹುದಾದ ಅನೇಕ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ, PPN ವಿಧಾನದಂತಹ ಇತರ ವಿಧಾನಗಳೊಂದಿಗೆ ಒಕ್ಕೊರಲಾಗಿ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಒಂದು ಸಮರ–ವಿಜೇತ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಎಂಬ ನಮ್ಮ ಸಂಚಿಕೆಯನ್ನು ಮತ್ತಷ್ಟು ದೃಢಗೊಳಿಸುವುದು ಗಮನಾರ್ಹವಾಗಿದೆ. ಇದಲ್ಲದೆ ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಸಮರ್ಥವಾಗಿ ಸಿದ್ಧಾಂತಿಸುವಲ್ಲಿ (theorizing) ನಿರ್ದೇಶಕ–ಕಾಲಕ್ಕೆ (coordinate-time) ವಿದ್ಯಶವಾಗಿರುವಂತೆ ಯುಕ್ತವಾಗಿ ವ್ಯಾಖ್ಯಿಸಲಾದ ಸ್ಥಳೀಯ ಭೌತಕಾಲದ (local physical time) ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕಾದ ಆವಶ್ಯಕತೆಯತ್ತ ಈ ಅಧ್ಯಯನ ನಮ್ಮ ಗಮನ ಸೆಳೆಯುತ್ತದೆ.

ಉಲ್ಲೇಖಗಳು

1 R. Baierlein, 1973, Phys. Rev. **D 8**, 4339.

2 M. Carmeli, 1972, Lett. Nuo. Cim. **3**, 379.

3 A. V. Gopala Rao, 1978, Ph.D. Thesis, Mysore University.

4 J. Jaffe and I. I. Shapiro, 1972, Phys. Rev. **D6**, 405.

5 J. Jaffe and I. I. Shapiro, 1973, Phys. Rev. **D8**, 4642.

6 L. D. Landau and E. M. Lifshitz, 1971, *The classical Theory of Fields, III Edition* (Pergamon Press, Oxford), p. 249.

7 G. C. McVittie, 1956, *General Relativity and cosmology* (Chapman and Hall, London), p. 85.

8 C. Moller, 1972, *The Theory of Relativity*, II Edition (Oxford University Press, London) p. 29.

9 L. Rongved, 1966, Nuo. Cim. **44B**, 355.

10 J.C.W. Scott, 1966, Can. J. Phys. **44**, 1147.

11 K. N. Srinivasa Rao, 1966, Ann. Inst. Henri Poincare **5**, 227.

12 K. N. Srinivasa Rao and A. V. Gopala Rao, 1974, Journal of Physics A (London) **7**, 485.

13 A. B. Volkov, 1971, Can. J. Phys. **49**, 201.

14 C. M. Will and K. Nordtvedt Jr. 1972 Astrophysics Journal, **177**, 757.

15 C. M. Will and K. Nordtvedt Jr., 1972 b, Astrophysics Journal, **177**, 775.,

16 Ya. B. Zeldovich and I. D. Novikov, 1971, *Relativistic Astrophysics.* University of Chicago Press, Chicago) Vol. 1., p. 93-4.

ಬ್ರೌನೀಯ ಚಲನೆ

ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟ ನೀರು ಅಚಲವಾಗಿ, ಸಮಗ್ರವಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಆ ನೀರಿಗೆ ಒಂದು ಗೋಲಿಯನ್ನು ಹಾಕಿದರೆ ಅದು ನೇರವಾಗಿ ತಳವನ್ನು ಮುಟ್ಟುತ್ತದೆ. ಗೋಲಿಯ ಬದಲಿಗೆ ತೆಳುವಾದ ಪುಡಿಯನ್ನು ಹಾಕಿದರೆ ಅದು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಅಡ್ಡಾಡಿ ಕ್ರಮೇಣ ನೀರಿನ ಕಣಗಳ ಮಧ್ಯೆ ನುಗ್ಗುತ್ತಾ ಸಾಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗೇ ನಿಧಾನವಾಗಿ ನೀರಿನೊಡನೆ ಸೇರಿಹೋಗುತ್ತದೆ. ಕೊನೆಗೆ ಮಿಶ್ರಣ ಅಚಲವಾಗಿರುವಂತೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ ಈ ತರ್ಕವನ್ನು ಅಲ್ಲಗಳೆಯುತ್ತದೆ. ಅದರ ಮೂಲಕ ನೋಡಿದರೆ ಒಂದೊಂದು ಕಣವೂ ನಿರಂತರ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಒಂದೇ ಕಣವನ್ನು ಬಹಳ ಹೊತ್ತು ಅವಲೋಕಿಸಿದರೆ, ಅದು ಯಾವುದಕ್ಕೋ ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆದು ತನ್ನ ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕನ್ನೂ, ವೇಗವನ್ನೂ ಬದಲಿಸುತ್ತಾ ನಿರಂತರವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವಂತೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ.

ಯಾವುದಾದರೂ ಪ್ರವಾಹಿಯಲ್ಲಿ ತೇಲುವ ಕಣಗಳ ಇಂತಹ ಚಲನೆಯನ್ನು ಮೊದಲು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಗುರುತಿಸಿದ ಹಿರಿಮೆ ರಾಬರ್ಟ್ ಬ್ರೌನ್‌ಗೆ ಸಲ್ಲತಕ್ಕದ್ದು. ಸಸ್ಯಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞ, ಬ್ರೌನ್, 1828ರಲ್ಲಿ ಸಸ್ಯಗಳ ಪೋಲನ್ ಕಣಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಅಧ್ಯಯನ ನಡೆಸುವಾಗ ಈ ರೀತಿಯ ಚಲನೆಯನ್ನು ಗುರುತಿಸಿದ.

ತೇಲುವ ಕಣಗಳ ಈ ಚಲನೆ ಪ್ರವಾಹಿಯ ಸ್ನಿಗ್ಧತೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಕಣ ಚಿಕ್ಕದಾದಷ್ಟು ಚಲನೆ ತೀವ್ರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಕಣದ ಇನ್ನಾವ ಗುಣವನ್ನೂ ಇದು ಅವಲಂಬಿಸಿಲ್ಲ.

ಗಾಳಿಯ ಸುಳಿವಿಗೂ ಸಿಗದಂತಹ ಮೊಹರಾದ ಭರಣಿಗಳಲ್ಲಿ ಕೂಡ ಇಂತಹ ಚಲನೆಯನ್ನು ಗುರುತಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿನ ಯಾವ ಕ್ಷೋಭೆಯಿಂದಲೂ ಪ್ರಭಾವಹೊಂದದ ಈ ಬ್ರೌನೀಯ ಚಲನೆ, ಒಂದು ನಿಲುಗಡೆಗೆ ಬಾರದ ಚಲನೆ.

ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಕಂಡ ಈ ಗುಣ ವಿಶೇಷವನ್ನು ಆಲ್ಬರ್ಟ್ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ತತ್ತ್ವದ ಮೂಲಕ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ್ದಾರೆ.

ದ್ರವಗಳಲ್ಲಿ ತೇಲುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮಕಣಗಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮಚಲನೆಯನ್ನು ಶಾಖದ ಅಣ್ವಕ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅನ್ವಯ ವಿವರಿಸಬಹುದು. ಈ ಚಲನೆಯು ಬ್ರೌನೀಯ ಚಲನೆಯನ್ನು ಹೋಲುತ್ತದೆ. ಬ್ರೌನೀಯ ಚಲನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಹೆಚ್ಚು ನಿಖರವಾದ ಅಂಶಗಳು

ತಿಳಿದಿಲ್ಲವಾದ್ದರಿಂದ ಆ ಬಗ್ಗೆ ನಾನೀಗ ಯಾವ ನಿಶ್ಚಿತ ಅಭಿಪ್ರಾಯವನ್ನೂ ವ್ಯಕ್ತ ಪಡಿಸಲಾರೆ.

ಹೀಗೊಂದು ಚಲನೆಯನ್ನು ಗುರುತಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ, ಸೂಕ್ಷ್ಮ ದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಭಿನ್ನತೆಯನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಂಡಿರುವ ಕಣಗಳಿಗೆ, ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಉಷ್ಣ ಗತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲ, ಹಾಗೂ ಪರಮಾಣು ಅಳತೆಗಳನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ತಿಳಿಯ ಬಹುದು.

ಇಂತಹ ಚಲನೆ ಸರಿಯಲ್ಲವೆಂಬುದು ಸಿದ್ಧವಾದರೆ ಶಾಖದ ಅಣ್ವಕ ಪರಿಕಲ್ಪನೆ ತಪ್ಪಾಗುತ್ತದೆ.

ತೇಲುವ ಕಣಗಳ ಮೇಲಿನ ದ್ರವವಿನಿಮಯ ಒತ್ತಡ

ಒಂದು ಅವಿದ್ಯುತ್ ವಸ್ತುವಿನ z ಗ್ರಾಂ. ಅಣ್ವಕವನ್ನು V^* ಗಾತ್ರ ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಕರಗಿಸಿದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. V^* ಗಾತ್ರವು ದ್ರವದ ಒಟ್ಟು ಗಾತ್ರ Vಯ ಒಂದು ಭಾಗ. ಈಗ V^*ನ್ನೂ Vಯನ್ನೂ ಒಂದು ಅತಿವ್ಯಾಪ್ಯಪರೆ ಬೇರ್ಪಡಿಸಿದರೆ ಪರೆಯ ಮೇಲಿನ ದ್ರವವಿನಿಮಯ ಒತ್ತಡವನ್ನು

$PV^* = RTZ$ ಇಂದ ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಬಹುದು.

ಕರಗಿರುವ ವಸ್ತುವಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ, V^*ನಲ್ಲಿ ತೇಲುವ ಕಣಗಳಿದ್ದರೆ, ಅವೂ ಕೂಡ ಪರೆಯನ್ನು ಹೊಕ್ಕಲಾರವಾದ್ದರಿಂದ, ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಉಷ್ಣ ಗತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ, ಗುರುತ್ವ ಬಲವನ್ನು ಕಡೆಗಣಿಸಿದರೆ, ಯಾವ ಬಲವೂ ಪ್ರಯೋಗವಾಗು ವುದಿಲ್ಲ. ಆಗ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ 'ಮುಕ್ತ ಶಕ್ತಿ'ಯು ಪರೆಯ ಸ್ಥಾನವನ್ನಾಗಲೀ ಅವಲಂಬಿಸದೇ, ಬರಿಯ ಪರೆಯ, ದ್ರವದ ಮತ್ತು ಕಣಗಳ ಒಟ್ಟು ತೂಕ ಗುಣ ಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು ಒತ್ತಡ ಉಷ್ಣತೆಗಳನ್ನೂ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ಮುಕ್ತಶಕ್ತಿಯ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರಕ್ಕೆ, ಮೇಲ್ಪದರದ ಶಕ್ತಿ, ಜಡೋಷ್ಣಗಳನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಬೇಕು. ಆದರೆ ತೇಲುವ ಕಣಗಳ ಮತ್ತು ಪರೆಯಸ್ಥಾನ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿಂದ ಸಂಪರ್ಕ ಪದರದ ಅಳತೆ ಅವಸ್ಥೆಗಳು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗದಿದ್ದರೆ, ಮೇಲಿನದನ್ನು ಬಿಡಲೂ ಬಹುದು.

ಆದರೆ ಶಾಖದ ಅಣ್ವಕ ಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ ಬೇರೆಯೇ ದೃಷ್ಟಿ ಗೋಚರವಾಗುತ್ತದೆ. ಅದರಂತೆ, ಕರಗಿರುವ ಕಣಕ್ಕೂ, ತೇಲುವ ಕಣಕ್ಕೂ ಅಂತರವಿರುವುದು ಬರಿಯ ಗಾತ್ರ (size)ದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ.

ತೇಲುವ ಕಣಗಳೂ, ಕರಗಿದ ಕಣಗಳಂತೆಯೇ ದ್ರವವಿನಿಮಯ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೊಂದಿರಬಾರದೇಕೆ? ದ್ರವದ ಅಣ್ವಕ ಚಲನೆಯಿಂದಾಗಿ, ತೇಲುವ ಕಣಗಳು, ನಿಧಾನ

ವಾದರೂ, ಅನಿಶ್ಚಿತ ಚಲನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. V^* ಗಾತ್ರದಿಂದ ತಪ್ಪಿಸಿ ಕೊಳ್ಳದಂತೆ ಅವನ್ನು ತಡೆದರೆ, ಆಗ ಪರೆಯ ಮೇಲೆ ದ್ರವವಿನಿಮಯ ಒತ್ತಡದ ಪ್ರಯೋಗ ಕಾಣುತ್ತದೆ.

V^* ನಲ್ಲಿ n ಕಣಗಳಿದ್ದರೆ, $n/V^*=\nu$. ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ಕಣಗಳು ಸಾಕಷ್ಟು ಅಂತರದಲ್ಲಿದ್ದರೆ ದ್ರವವಿನಿಮಯ ಒತ್ತಡವನ್ನು

$$p = \frac{RT}{V^*} \cdot \frac{n}{N} = \frac{RT}{N} \cdot \nu$$ ಇಂದ ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಬಹುದು.

$N \rightarrow 1$ ಗ್ರಾಂ ಅಣ್ವಕದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ.

ಶಾಖದ ಆಣ್ವಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅನ್ವಯ ದ್ರವ ವಿನಿಮಯ ಒತ್ತಡ

ಒಂದು ಭೌತಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ತಕ್ಷಣದ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಚರಾಂಕಗಳು

$p_1 \quad p_2 \cdots p_l$ ಆಗಿರಲಿ.

ಈ ಚರಾಂಕಗಳ ಸ್ಥಿತ್ಯಂತರ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಕೆಳಕಂಡಂತೆ ಬರೆಯಬಹುದು.

$$\frac{\partial p_\nu}{\partial t} = \phi_\nu (p_1 \cdots p_l) \quad (\nu = 1, 2 \cdots l).$$

$$\Sigma \frac{\partial \phi_\nu}{\partial p_\nu} = 0.$$

ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಜಡೋಷ್ಣವು

$$S = \frac{\overline{E}}{\tau} + 2x\, lg \int e^{\frac{-E}{2xT}} \cdot dp_1 \cdots dp_l.$$

$T \rightarrow$ ನಿರಪೇಕ್ಷ ಉಷ್ಣಾಂಶ, $\overline{E} \rightarrow$ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಶಕ್ತಿ
$E \rightarrow p_\nu$ ವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವ ಶಕ್ತಿ.
$2\,x\,N = R.$

ಮುಕ್ತಶಕ್ತಿ,

$$F = -\frac{R}{N} \cdot T\, lg \int e^{-\frac{EN}{RT}}\, dp_1 \cdots dp_l = -\frac{RT}{N}\, lg\, B.$$

V ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ದ್ರವವನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಿ, n ತೇಲುವ ಕಣಗಳು V^*ನಲ್ಲಿ ಸೇರಿದ್ದು, Vಯು ಒಂದು ಭಾಗವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಅವನ್ನು ಒಂದು ಪರೆ ಬೇರ್ಪಡಿಸಿರುವುದರಿಂದ, Bಯ ಅನುಕಲನ ಮಿತಿಗಳು ನಿರ್ಣಯಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ.

V^*ಗೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ, ಕಣಗಳ ಒಟ್ಟು ಗಾತ್ರವು ಅತಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು $p_1 .... p_l$ ಚರಾಂಕಗಳು ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸುತ್ತವೆ.

ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಮೂಲಕ್ಕೂ ಅಣ್ವಕ ರೂಪದ ಸ್ಪಷ್ಟೀಕರಣ ಕೊಡಲು ಹೊರಟರೆ ಮುಕ್ತಶಕ್ತಿಯ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರ ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ರಸ್ತುತ ನಾವು V^*ನ್ನು F ಎಷ್ಟರಮಟ್ಟಿಗೆ ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ ಎಂದು ತಿಳಿದರೆ ಸಾಕು.

x_1, y_1, z_1 ಗಳು ಒಂದು ಕಣದ ಗುರುತ್ವಕೇಂದ್ರದ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳಾಗಿರಲಿ .... x_n, y_n, z_n ಗಳು ಕೊನೆಯ ಕಣದ ಗುರುತ್ವಕೇಂದ್ರದ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳು. ಒಂದೊಂದು ಅಂತಹ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲೂ ಅತಿಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸಮಾನಾಂತರ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿರಲಿ. ಅವುಗಳನ್ನು $dx_1\, dy_1\, dz_1$; .... $dx_n\, dy_n\, dz_n$ ಗಳಿಂದ ಗುರುತಿಸಬಹುದು. ಇವೆಲ್ಲವೂ V^* ನಲ್ಲಿಯೇ ಅಡಕವಾಗಿರಲಿ. ಮೇಲಿನ ಇತಿಮಿತಿಯೊಳಗೆ, ಅನುಕಲನವನ್ನು ಪೂರ್ತಿಮಾಡಬಹುದು. ಆಗ

$$dB = dx_1\, dy_1 \,....\, dz_n.\, J$$

ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದು.

Jಯು, V^*ನ್ನಾಗಲೀ, dx_1 .... ಗಳನ್ನಾಗಲೀ ಅವಲಂಬಿಸುವುದಿಲ್ಲ ಆರಿಸಿದ ಯಾವ ಸೂಕ್ಷ್ಮಕ್ಷೇತ್ರದ ಸ್ಥಾನವನ್ನೂ ಅದು ಅವಲಂಬಿಸಿಲ್ಲ. ಈಗ ಅದೇ ತರಹದ ಎರಡನೆಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು, $dx_1'\, dy_1'\, dz_1'$ .... dz_n'ಯಿಂದ ಸೂಚಿಸಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೂ ಮೊದಲಿನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೂ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಇರುವುದೇ ಹೊರತು, ಅಳತೆಯಲ್ಲಿ ಅಲ್ಲ ಎಲ್ಲವೂ ಮೊದಲಿನ ಹಾಗೆಯೇ V^*ನಲ್ಲಿಯೇ ಅಡಗಿವೆ.

$$dB' = dx_1'\, dy_1' \,....\, dz_n\, J'$$

ಆದರೆ $dx_1\, dy_1 \,....\, dz_1 = dx_1'\, dy_1' \,....\, dz_n'$

$$\frac{dB}{dB'} = \frac{J}{J'}$$

ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಘಳಿಗೆಯಲ್ಲಿ, ಕಣಗಳ ಕೇಂದ್ರಗಳ dx, ... dz, ... ಅಥವಾ dx_1' .... dz_n'ರಲ್ಲಿ ಇರುವ ಸಂಭವನೀಯತೆ $= dB/B$, ಎಂಬುದನ್ನು ಶಾಖದ ಅಣ್ವಕ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ತೋರಿಸಬಹುದು.

$$\text{ಆದ್ದರಿಂದ } \frac{dB}{B} = \frac{dB'}{B'}$$

$$\therefore \quad J = J'$$

$$B = \int J^{dx_1} \ldots dz_n = J\, V^{*n}.$$

$$F = -\frac{kT}{N}\left\{ lg\, J + n\, lg\, V^{*} \right\}.$$

$$P = -\frac{\partial F}{\partial V^{*}} = \frac{RT}{V^{*}} \cdot \frac{n}{N} = \frac{RT}{N} \cdot v$$

ಇದರಿಂದ ಶಾಖಕ ಅಣ್ವಕ ಸಿದ್ಧಾಂತದಿಂದ ದ್ರವಮೀಯ ಒತ್ತಡ ಇದೆ ಎಂದು ಸಿದ್ಧವಾಯಿತು. ಅತಿ ದುರ್ಬಲವಾದಾಗ ಕರಗಿದ ಕಣಗಳೂ ತೇಲುವ ಕಣಗಳೂ ಒಂದೇ ರೀತಿಯಾಗಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಒಂದೇ ಮಾದರಿಯ ದ್ರವಮೀಯ ಒತ್ತಡ ವಿರುತ್ತದೆ.

3. ತೇಲುವ ಸಣ್ಣಗೋಳಗಳ ವಿಸರಣ ಸಿದ್ಧಾಂತ

ಒಂದು ದ್ರವದಲ್ಲಿ ತೇಲುವ ಕಣಗಳು ಅನಿಯಮಿತವಾಗಿ ಹರಡಿಕೊಂಡಿರಲಿ. ಒಂದೊಂದು ಕಣದ ಮೇಲೂ k ಬಲ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುತ್ತಿರಲಿ. ಈ ಬಲ ಕಣದ ಸ್ಥಾನದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿದ್ದು ಸಮಯದಿಂದ ಮುಕ್ತವಾಗಿರಲಿ. ಈಗ ಕಣದ ಗತಿ ಸ್ಥಿರತೆಯನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು.* ಬಲವು x—ಅಕ್ಷದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು.

ಒಂದು ಏಕಮಾನ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ, v ಕಣಗಳೂ ತೇಲುತ್ತಿರಲಿ. ಗತಿಸ್ಥಿರತೆಯಲ್ಲಿ, v, xನ್ನು ಹೇಗೆ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ ಎಂದರೆ, dx ಮಿಥ್ಯ ಸ್ಥಳಾಂತರವಾದಾಗ, ಮುಕ್ತಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಯಾವ ಬದಲಾವಣೆಯೂ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ

$$\delta F = \delta E - T\,\delta S = 0.$$

x–ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿ, ದ್ರವದ ಗಾತ್ರ ಏಕಮಾನವು $x = 0$, ಮತ್ತು $x = l$ ವಲಯಗಳಿಂದ ಮಿತಿಗೊಂಡಿದ್ದರೆ,

$$\delta E = -\int_0^l k\, v\, \delta x \cdot dx$$

ಮತ್ತು

$$\delta s = \int_0^l R \cdot \frac{v}{N} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \cdot \delta x \cdot dx$$

$$= -\frac{R}{N}\int_0^l \frac{\partial}{\partial x} \cdot v \cdot \delta x \cdot dx\,.$$

ಸ್ಥಿರತೆಗೆ ಬೇಕಾಗುವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ

$$-kv + \frac{RT}{N} \cdot \frac{\partial v}{\partial x} = 0$$

$$kv - \frac{\partial P}{\partial x} = 0$$

ಅಂದರೆ k ಬಲ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದಾಗುವ ಸ್ಥಿರತೆ ದ್ರವಮೀಯ ಒತ್ತಡಗಳಿಂದ ಉಂಟಾಯಿತು.

ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ತೇಲುವ ಕಣಗಳ ವಿಸರಣ ಗುಣಾಂಕವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಈ ಗತಿಸ್ಥಿರತೆಯು ಕೆಳಗೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಎರಡು ಪರಸ್ಪರ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳ ಸಂಮಿಳನ ಎನ್ನಬಹುದು,

(1) k ಬಲಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವ ತೇಲುವ ಕಣಗಳ ಚಲನೆ.

(2) ಶಾಖ ಅಣ್ವಾಕ ಚಲನೆಯಿಂದ ಅನಿಯಮಿತವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಕಣಗಳ ವಿಸರಣ.

ತೇಲುವ ಕಣಗಳ ಗೋಲಾಕಾರದಲ್ಲಿದ್ದು, ದ್ರವದ ಸ್ನಿಗ್ಧತೆ η, ಆಗ k ಬಲ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ, ಒಂದು ಕಣಕ್ಕೆ

$\frac{K}{6\pi\eta P}$ ವೇಗವು ಲಭಿಸುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ Pಯು ಗೋಲಕಣದ ತ್ರಿಜ್ಯ.

ಏಕಮಾನ ಕಾಲದಲ್ಲಿ $\frac{kv}{6\pi\eta P}$ ಕಣಗಳು ಏಕಮಾನ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ದಾಟುತ್ತವೆ.

Dಯು ಕಣಗಳ ವಿಸರಣ ಗುಣಾಂಕವಾದರೆ, ವಿಸರಣದ ಕಾರಣದಿಂದ

$-D \frac{\partial v}{\partial x}$ ಕಣಗಳು ಅದೇ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಅದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ದಾಟುತ್ತವೆ.

ಗತಿ ಸ್ಥಿರತೆಯಿಂದಾಗಿ,

$$\frac{vk}{6\pi\eta P} - D\frac{\partial v}{\partial x} = 0$$

$\therefore$ ವಿಸರಣ ಗುಣಾಂಕ,

$$D = \frac{RT}{N} \cdot \frac{1}{6\pi\eta P}$$

ವಿಸರಣ ಗುಣಾಂಕವು ತೇಲುವಕಣದ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ದ್ರವದ ಸ್ನಿಗ್ಧತೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ.

4 ದ್ರವದಲ್ಲಿ ತೇಲುವ ಕಣಗಳ ಅನಿಯಮಿತ ಚಲನೆ ಮತ್ತು ವಿಸರಣ

ಶಾಖ ಆಣ್ವಿಕ ಚಲನೆಯಿಂದಾಗಿ ನಡೆಯುವ ಅನಿಯಮಿತ ಚಲನೆ, ಮತ್ತು ಅದರಿಂದ ನಡೆಯುವ ವಿಸರಣವನ್ನೂ ಮತ್ತಷ್ಟು ವಿವರವಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು.

ಇಲ್ಲಿ, ಒಂದೊಂದು ಕಣವೂ, ಮತ್ತೊಂದರ ಚಲನೆಯ ಅರಿವಿಲ್ಲದಂತೆ, ಚಲಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ಗ್ರಹಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದೇ ಕಣದ ಚಲನೆಯೂಕೂಡ, ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ ಎನ್ನಬೇಕು ಅಂದರೆ ಅದರ ಹಿಂದಿನ ಚಲನೆಯು ಸದ್ಯದ ಚಲನೆಯನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಅಂತಹ ಕ್ಷಣ ಒಂದು τ ಆಗಿರಲಿ ನಾವು ಒಂದು ಕಣವನ್ನು ಅವಲೋಕಿಸುವ ಕಾಲವು τ ಗಿಂತ ಅಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಯಾವುದೇ ಎರಡು ಅನುಕ್ರಮ τ ಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಚಲನೆಯು ಪರಸ್ಪರ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟು 'n' ತೇಲುವ ಕಣಗಳಿರಲಿ. τ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಣದ x–ಚರಾಂಕವು $\triangle$ ದಷ್ಟು ಬದಲಾಯಿಸಲಿ. ಈ $\triangle$ ದ ದಿಕ್ಕು ಬೆಲೆ ಎರಡೂ ಕಣದಿಂದ ಕಣಕ್ಕೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಅದಕ್ಕೊಂದು ಸಂಭವನೀಯ ನಿಯಮವಿದೆ.

τ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ $\mathrm{d}n$ ಕಣಗಳು $\triangle$ ಯಿಂದ $\triangle + \mathrm{d}s$ ನಷ್ಟು ಸ್ಥಳಾಂತರ ಪಡೆಯಲಿ.

$$\mathrm{d}n = n\ \phi(\triangle)\ \mathrm{d}\triangle$$

$$\text{ಇಲ್ಲಿ}\quad \int_{-\infty}^{+\infty} \phi(\triangle)\ \mathrm{d}\triangle = 1.$$

$\triangle$ ಅತಿ ಕಡಿಮೆಯಾದಾಗ ಮಾತ್ರ ϕ ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ ಜೊತೆಗೆ, $\phi(\triangle) = \phi(-\triangle)$.

ಈ ϕ ಗೂ ವಿಸರಣ ಗುಣಾಂಕಕ್ಕೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದು. ಹಿಂದಿನಂತೆ ನಮ್ಮ ಮಿತಿ v ಬರಿಯ x ಮತ್ತು t ಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

$$v = f(x, t)$$

t ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಕಣಗಳ ವಿತರಣೆಯಿಂದ $t+\tau$ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿರುವ ಕಣಗಳ ವಿತರಣೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. x ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿ, x ಮತ್ತು $x+\mathrm{d}x$ ಗಳಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ವಲಯಗಳ ನಡುವೆ, $t+\tau$ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿರುವ ಕಣಗಳನ್ನು ಲೆಕ್ಕಹಾಕಬಹುದು.

$$f(x, t+\tau)\ \mathrm{d}x = \mathrm{d}x \int_{\triangle=-\infty}^{\triangle=+\infty} f(x+\triangle)\ \phi(\triangle)\cdot \mathrm{d}\triangle$$

ಆದರೆ τ ಕಡಿಮೆ ಇರುವುದರಿಂದ,

$$f(x, t+\tau) = f(x, t) + \tau \frac{\partial f}{\partial t}$$

$$f(x+\triangle, t) = f(x, t) + \triangle \frac{\partial f(x, t)}{\partial x} + \frac{\triangle^2}{2!} \frac{\partial^2 f(x, t)}{\partial x^2} \cdots\cdots\cdots \infty$$

$\triangle$ ದ ಅತಿ ಕಡಿಮೆ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಮಾತ್ರ ಗಣನೆಗೆ ಬರುವುದರಿಂದ, ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಅನುಕಲನರೂಪಕ್ಕೆ ತರಬಹುದು.

$$+ f \frac{\partial f}{\partial t} \cdot \tau = f \int_{-\infty}^{+\infty} \phi(\triangle)\, d\triangle + \frac{\partial x}{\partial f} \int_{-\infty}^{+\infty} \triangle\, \phi(\triangle)\, d\triangle + \cdots\cdots$$

$$\phi(x) = \phi(-x)$$

ಆದ್ದರಿಂದ ಬಲಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿ ಸಮಪದಗಳು ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತವೆ.

ವಿಸಮ ಪದಗಳಲ್ಲಿ ಹಿಂದಿನ ಪದಕ್ಕಿಂತ ಮುಂದಿನ ಪದದ ಮೌಲ್ಯ ಕಡಿಮೆ.

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \phi(\triangle)\, d\triangle = 1$$

ಮತ್ತು $$\frac{1}{\tau} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\triangle^2}{2} \phi(\triangle)\, d\triangle = D$$

ಮೇಲಿನ ಎರಡು ಮಿತಿ ನಿಭಂಧನೆಗಳಿಗೊಳಪಟ್ಟು ಮೊದಲ ಮತ್ತು ಮೂರನೆಯ ಪದಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಪರಿಗಣಿಸಿ.

$$\frac{\partial f}{\partial t} = D \cdot \frac{\partial^2 f}{\partial x^2}$$

ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದು.

ಇದು ವಿಸರಣದ ಪ್ರಮುಖ ಸಮೀಕರಣ. D ವಿಸರಣ ಗುಣಾಂಕ.

ಇಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಕಣವೂ ಒಂದೇ ನಿರ್ದೇಶಾಂಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಒಳಪಟ್ಟಿದೆ ಎಂದು ಗ್ರಹಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಇದು ಅನಾವಶ್ಯಕ. ಏಕೆಂದರೆ ಕಣಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಅವಲಂಬನೆ ಇಲ್ಲದೇ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಈಗ ಒಂದೊಂದು ಕಣಕ್ಕೂ ಒಂದೊಂದು ನಿರ್ದೇಶಾಂಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆ

ಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ, $t=0$ ಆದಾಗ ಎಲ್ಲದರ ಮೂಲ ಬಿಂದುಗಳೂ ಆಯಾಕಣಗಳ ಗುರುತ್ವ ಕೇಂದ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಇರಲಿ ಎಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು.

$t=0$ ಇಂದ $t=t$ ವರೆಗೆ, $f(x, t)\,\mathrm{d}x$ ಕಣಗಳು ತಮ್ಮ x ನಿರ್ದೇಶಾಂಕಗಳನ್ನು x ಇಂದ $x+\mathrm{d}x$ವರೆಗೆ ಬದಲಾಯಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

$$x \lesseqgtr 0\,, \quad t=0$$

$$f(x, t)=0. \quad \text{ಮತ್ತು} \quad \int_{-\infty}^{+\infty} f(x, t)\,\mathrm{d}x = n.$$

ಈಗ, ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ವಿಸರಣವಾಗುವ ಸಂದರ್ಭವನ್ನು

$$f(x, t) = \frac{n}{\sqrt{4\pi D}} \cdot \frac{e^{-x^2/4Dt}}{\sqrt{t}}$$

ಇಂದ ಸೂಚಿಸಬಹುದು.

ಈ ಸಮೀಕರಣದ ಸಹಾಯದಿಂದ, λ_xನ್ನು ಲೆಕ್ಕಹಾಕಬಹುದು. λ_x ಅಂದರೆ, x ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಣವು ಚಲಿಸುವ ಸರಾಸರಿ ದೂರ ಮತ್ತು ನಿಖರವಾಗಿ ಹೇಳಬೇಕಾದರೆ

$$\lambda^x = \sqrt{\overline{x^2}} = \sqrt{2Dt}$$

$\lambda_x \propto \sqrt{t}$. ಸರಾಸರಿ ದೂರ ಕಾಲದ ವರ್ಗಮೂಲವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತದೆ.
$\sqrt{\overline{x^2}} = \sqrt{3} \cdot \lambda_x$. ಎಂದೂ ತೋರಿಸಬಹುದು.

5. ತೇಲುವ ಕಣಗಳ ಸರಾಸರಿ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸೂತ್ರ. ಪರಮಾಣುವಿನ ಸರಿಯಾದ ಅಳತೆ ತಿಳಿಯುವ ಹೊಸ ಮಾರ್ಗ.
ವಿಸರಣ ಗುಣಾಂಕಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸೂತ್ರವನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದೇವೆ.

$$D = \frac{RT}{N} \cdot \frac{1}{6\,\pi\eta P}$$

ಅಲ್ಲದೆ, $\lambda_x = \sqrt{2\,Dt}$ ಎಂದೂ ತೋರಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಎರಡೂ ಸಮೀಕರಣಗಳಲ್ಲಿ Dಯನ್ನು ಹೊರಹಾಕಿ

$$\lambda_x = \sqrt{t} \cdot \sqrt{\frac{RT}{N} \cdot \frac{1}{3\,\pi\eta P}}$$

ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದು ಅಂದರೆ λ_x, T, P ಮತ್ತು ηವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ ಎಂದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಯಿತು. $N=6\times10^{23}$ 17°Cಯಲ್ಲಿರುವ ನೀರನ್ನು ದ್ರವವಾಗಿ ಗ್ರಹಿಸಿದರೆ, $\eta=1.35\times10^{-2}$ ಕಣಗಳ ವ್ಯಾಸ 0.001 ಮಿ.ಮಿ. ಇದ್ದಾಗ

$\lambda_x=8\times10^{-5}$ ಸೆಂ.ಮೀ. $=0.8\ \mu$. ಇದು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಆಗುವ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟ. ಒಂದು ನಿಮಿಷಕ್ಕೆ 6μ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟವಾಗುತ್ತದೆ.

ಅಥವಾ

$$N=\frac{1}{\lambda_x{}^2}\cdot\frac{RT}{3\pi\mu P}$$

ಶಾಖಪ್ರಕರಣಕ್ಕೆ ಮುಖ್ಯವಾದ ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಮುಂದೆ ಯಾರಾದರೂ ಸಂಶೋಧಕರು ಬಿಡಿಸಬಹುದು.

ಅನುವಾದ :

ಜರ್ಮನ್ ಭಾಷೆಯಿಂದ ಇಂಗ್ಲೀಷಿಗೆ—ಡಾ|| ಎಂ. ಎಸ್. ಮಾಧವ
ಕನ್ನಡಕ್ಕೆ—ಶ್ರೀಮತಿ ಬಿ. ಎಸ್. ಮಯೂರ

wo 20772—MUPM—10025 copies—13-1-81

Reg. No.R.N. 17176/69

